

Informe Final – Práctica Profesional 2021

Proyecto de Investigación:

“Evaluación de modelos econométricos y financieros tradicionales aplicados a criptomonedas”



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS



Alumno: Mercado Tawil, Juan Manuel

Tutora: Mg. Ortiz, María de las Mercedes

**Facultad de Ciencias Económicas
Universidad Nacional de Tucumán
Año 2021**

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

1.- DATOS GENERALES:

Apellido y Nombres: Mercado Tawil, Juan Manuel	Apellido y Nombres del Director: Ortiz, María de las Mercedes
DNI 39698357	DNI 22429521
Tema: "Evaluación de modelos econométricos y financieros tradicionales aplicados a criptomonedas"	
Opción de Práctica Profesional: Proyecto de Investigación	
Lugar de Trabajo: Proyecto de Investigación Independiente	

2.- INFORME FINAL DE SU TRABAJO DE PRACTICA PROFESIONAL

El presente proyecto de investigación surgió de la necesidad de encontrar modelos econométricos o financieros que ayuden a los inversores a aprovechar las novedosas oportunidades del mercado de criptomonedas.

Para esto, se trabajó con series de tiempo de rendimientos diarios y semanales continuos de un grupo de criptomonedas de las de mayor capitalización de mercado. Estas series fueron ajustadas para poder ser utilizadas en el marco del modelo CAPM de William Sharpe, comparando el rendimiento de cada una de ellas con el índice S&P 500. Este modelo permitió obtener rendimientos esperados de cada una de las criptomonedas, así como sus betas, representativas del riesgo asumido en relación a la referencia de mercado.

A continuación, utilizando Optimización Dinámica (Simulación Montecarlo incluida) y los resultados obtenidos con CAPM, se buscó generar una cartera de inversión óptima para maximizar rendimientos minimizando el riesgo asumido, teniendo en cuenta además las distribuciones de probabilidad de los rendimientos de las criptomonedas, así como también restricciones de índole financiera, de rendimiento y de riesgo.

Las series de tiempo de la cartera de inversión resultante junto con la de una cartera alternativa, formada a partir del requisito de lograr un modelo econométrico robusto por medio de un volumen de datos significativos, fueron sometidas al proceso de modelado de la Metodología Box-Jenkins. Esta etapa dio como resultado múltiples modelos, entre los cuales se eligió el de mejor ajuste aparente y mejores posibilidades de entregar pronósticos de rendimientos y volatilidades confiables. A partir de esta selección, se pronosticaron los valores y se realizó una comparativa con los valores reales de la serie ocurridos, para concluir en el poder predictivo del modelo.

Por último, con los resultados de todas las herramientas utilizadas, se concluyó sobre la utilidad y la confiabilidad de ellas como soporte en la toma de decisiones de inversión en el mundo de las criptomonedas.

3.- CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE TRABAJO ORIGINAL:

100%	75%	50%	25%	menos del 25%
X				

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

4.- DIVULGACIÓN

El proyecto de investigación fue expuesto en el ámbito de la Cátedra de Práctica Profesional – Licenciatura en Administración – FACE – UNT, en los módulos de Reunión de Discusión y de Presentación de Avances a lo largo del cursado lectivo 2021.

Por otro lado, fue parte de la X Muestra Académica de Trabajos de Investigación de la Licenciatura en Administración de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Tucumán.

5.- CHARLAS DE LA PP, CURSOS Y/O ESTADÍAS DE CAPACITACIÓN:

- **Foro de Reflexiones de la Charla de Ignacio Schuttemberger – 14/04/2021:**



- **Foro de Reflexiones de la Charla de Ana D'Arterio – 11/06/2021:**



- **Foro de reflexiones a partir de la charla de Bautista Garzón – 30/06/2021:**



INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

6.- REALICE UN BALANCE DE SU EXPERIENCIA EN LA PRACTICA PROFESIONAL:

La práctica profesional, en mi opinión, es un espacio curricular muy productivo. Permite a los alumnos elegir entre diversas opciones que incluyen tanto la aplicación de herramientas en ámbitos empresariales reales, como la interiorización en temas poco explorados, como es el caso de este proyecto de investigación.

Como producto de este proceso, aprendemos cómo planificar, organizar y ejecutar trabajos por cuenta propia, como con la colaboración en simultáneo con los participantes del estudio y con los tutores.

Aprovecho este último comentario para agradecer profundamente a la Profesora Mg. María de las Mercedes Ortiz, quien en todo momento ofreció su completa disposición e invaluable conocimiento para el avance fluido y concreción del presente trabajo.

Por otro lado, también quiero recalcar el papel de la Catedra de Práctica Profesional por brindarnos todas las herramientas necesarias para poder cumplir con lo pautado y superar cualquier tipo de dificultad al momento de desarrollar el trabajo, así como corregirlo o pivotar en los casos en los que fuera necesario. Especialmente agradecido con el Profesor Marcelo Medina, por su continuo asesoramiento y su admirable vocación de educador para con nosotros, sus alumnos.

De esta asignatura, en resumen, me llevo la experiencia práctica, la capacidad de análisis y el conocimiento aplicado logrado a lo largo de todo el proceso de investigación.

7.- DOCUMENTACIÓN PROBATORIA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

Plan de Trabajo

“Evaluación de Riesgo y Rentabilidad
de una cartera de inversión de cripto
activos en relación al mercado
financiero tradicional”

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Índice

Resumen	7
Introducción	7
Planteamiento del Problema	8
Justificación del Trabajo	8
Objetivos del Trabajo	9
Objetivo General:	9
Objetivos Específicos:	9
Marco Teórico	9
Marco Metodológico	11
Cronograma de Actividades	12
Bibliografía	13

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Resumen

Las decisiones de inversión y la búsqueda de optimización de carteras es un dilema histórico y frecuente que fue, es y será abordado desde múltiples perspectivas y modelos. En este caso, esas decisiones se enfocan en un mercado financiero naciente y en rápida expansión: los Cripto Activos.

El presente proyecto de investigación tiene por motivo evaluar el riesgo y rentabilidad de una cartera de inversión formada por Cripto Activos en relación al índice bursátil S&P 500, y predecir los rendimientos de la misma en el futuro inmediato. Para esto, se utilizarán modelos estadísticos y financieros como Capital Asset Pricing Model (CAPM) de William Sharpe, Índice de Treynor de Jack L. Treynor, Optimización Dinámica con Simulación Montecarlo para la selección de la cartera de inversión y el modelo ARIMA para intentar pronosticar sus rendimientos.

Se trabajará con el software Risk Simulator para los pasos de Optimización Dinámica y Simulación, mientras que el pronóstico se ejecutará utilizando el lenguaje de programación Python.

Palabras Clave: Cripto activos – CAPM – Riesgo – Rentabilidad - ARIMA

Introducción

La modernidad y la innovación tecnológica se puede presentar de diferentes maneras. Hay casos en los que los cambios y las adopciones se producen de manera precipitada, generando disrupción, caos, controversia y problemas, pero al mismo tiempo produciendo múltiples beneficios como la creación de nuevas oportunidades o el desarrollo de tareas en nuevos niveles de eficiencia e integración. Sin embargo, hay casos en los que la adopción es paulatina y gradual. En este tipo de casos, la percepción del valor y la adopción temprana es clave para aprovechar al máximo los beneficios y evitar los perjuicios de estos cambios. Tal es el caso de los cripto activos, tanto en sus aplicaciones prácticas como en su utilidad como instrumentos financieros de inversión.

Si bien el reconocimiento primario de este tipo de activos comenzó con la figura clave del Bitcoin, hoy por hoy existen cientos de proyectos respaldados en tecnología blockchain que prometen ser líderes en innovación y utilidad práctica tanto para empresas como para el público y la sociedad en general en el futuro. Es por esto que vale la pena indagar en este nuevo mundo digital para poder evaluar proyectos prometedores en cuanto a fundamento y en cuanto a rendimiento futuro, desde una perspectiva general y financiera. Desde plataformas orientada a las llamadas DeFi (por su término en inglés Decentralized Finance o Finanzas Descentralizadas), pasando por estructuras basadas en blockchain que permiten desarrollar nuevos proyectos y aplicarlos en las empresas tradicionales y en sus procesos (como optimización de sistemas de logística o automatización y optimización de gestión de inventarios) o simples cripto activos con la finalidad de actuar como monedas de cambio, hasta plataformas de comercio de activos únicos como obras de arte respaldados en tecnología blockchain (llamados NFT por sus siglas Non Fungible Token o Monedas no Fungibles), existen en este mundo una variedad extensa de nuevos proyectos en los que pueden ser invertidos los capitales de quienes acepten este nuevo tipo de tecnología y vean futuro y rendimiento en ellos.

Es de vital importancia aclarar, más aún cuando lo que se encuentra en juego es el capital de un inversor, que este tipo de proyectos no se encuentran exentos de volatilidad y riesgo financiero. Esto es producto del incipiente surgimiento de las tecnologías y los proyectos, las continuas pruebas y fallas que se presentan y la escasa adopción e inversión que existe en algunos casos con respecto a otro tipo de empresas o inversiones

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

que se encuentran en mercados financieros tradicionales. La baja capitalización de mercado da lugar a posibles manipulaciones de precios en algunos casos o a movimientos extremos en las cotizaciones de estas monedas digitales.

Teniendo en cuenta todo lo antes descripto, se deja ver una oportunidad de inversión que necesita ser evaluada desde un punto de vista formal para poder tomar decisiones acertadas en lo financiero. Es por esto que este proyecto de investigación buscará evaluar los riesgos y rendimientos esperados al invertir en cripto activos para comprobar si esa posible recompensa extra a obtener por apoyar este nuevo tipo de tecnología, o simplemente invertir en busca de rentabilidades mayores que en los mercados financieros tradicionales, se ve justificada por el riesgo asumido. Para esto, se utilizarán modelos financieros de evaluación de riesgo y rentabilidad comúnmente utilizados en acciones de empresas, dada su similitud con la funcionalidad de muchos cripto activos y su cotización en el mercado. El principal modelo de mercado a utilizar será el modelo CAPM de William Sharpe, junto con otras herramientas como el Índice de Treynor. A partir de ellos, se podrá conocer tanto el riesgo de la cartera de cripto activos en relación al índice bursátil elegido S&P 500, referencia a nivel mundial del mercado financiero, como su rendimiento esperado. Para completar este modelo, se utilizará de referencia la tasa de retorno anual del T-Bill de EEUU como tasa libre de riesgo.

Una vez conformada la cartera y realizada la primera aproximación al rendimiento esperado y el riesgo asociado, se buscará realizar un pronóstico de los rendimientos de la cartera que respalden los resultados obtenidos con el modelo financiero aplicado. Esto se llevará a cabo a partir del modelo econométrico seleccionado: ARIMA.

Planteamiento del Problema

Actualmente existe un mundo de inversiones financieras en auge, pero aun poco explorado por el grueso de la población y de los inversores financieros, ya sea por reticencia, por aversión al riesgo, por falta de conocimiento, información o experiencia, o por motivos impositivos o legales. Estamos hablando del mundo de los cripto activos.

De este hecho, surge el siguiente planteamiento: ¿Se podrá formar una cartera de inversiones a largo plazo formada por cripto activos que permita a los potenciales inversores obtener retornos por encima del rendimiento del S&P 500, asumiendo niveles de riesgo aceptables?

Para responder esta pregunta, es necesario ahondar también en otras que formarán parte del proceso para poder llegar a la conclusión final:

- ¿Qué criterios se deben usar para la selección de los activos candidatos a evaluar?
- ¿Cuál es el retorno y el riesgo esperado del mercado de referencia S&P 500?
- ¿Cuál es el retorno y el riesgo esperado de la cartera formada por cripto activos?

- ¿Se puede predecir o estimar el rendimiento futuro de la cartera?

Justificación del Trabajo

Indagar y evaluar estos conceptos permitirá a un mayor número de potenciales inversores actuar con mayor información y sustento financiero y aprovechar oportunidades de inversión y rendimiento en cripto activos, generando un mayor flujo de capitales hacia las criptomonedas junto a incrementos en los volúmenes de capitalización de mercado y de transacciones que fortalezcan el sistema y lo vuelvan aún más confiable.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Se trabaja sobre el supuesto de la futura aceptación y legislación del uso de este tipo de activos en los mercados financieros mundiales, por lo que lo descrito anteriormente sería beneficioso para el público en general y sobre todo para los usuarios y participantes de este mercado financiero.

Además, este estudio busca dar visibilidad a un tema poco abordado por estudios formales para estimular su estudio. Permitirá evaluar también la efectividad de las herramientas utilizadas para obtener los resultados y buscar mejores alternativas o aplicaciones para futuros ensayos.

Objetivos del Trabajo

Objetivo General: Evaluar el riesgo y el rendimiento de una cartera de inversión formada por cripto activos en relación al índice bursátil S&P 500.

Objetivos Específicos:

- Determinar activos participantes en la cartera de inversión en base a rendimientos, volatilidad y capitalización de mercado.
- Formar una cartera de inversión con niveles de riesgo y rendimiento acorde a los criterios establecidos para comparar con los valores del S&P 500 a partir de un modelo de Optimización Dinámica.
- Predecir rendimientos de la cartera formada por medio del modelo econométrico ARIMA.
- Comparar rendimientos y volatilidad de la cartera con el índice bursátil de referencia.

Marco Teórico

La literatura de gestión de carteras de inversión hace mucho hincapié en el manejo adecuado del riesgo a través de la diversificación y la selección de activos de mejor rendimiento con menor riesgo. La rentabilidad o rendimiento hace referencia a la capacidad de generar rendimientos, aunque en las inversiones los rendimientos futuros no son seguros. Aquí es donde entra el concepto de riesgo. El riesgo representa la incertidumbre en la evolución de los precios y las rentabilidades de los activos en los que se invierte. Por esto es que se desarrollan modelos e indicadores que buscan evaluar, predecir, comparar o calcular los niveles esperados de rentabilidad y de riesgo en los activos estudiados.

Ante mayor riesgo, mayor será la rentabilidad exigida o esperada. Esto es lo que nos indica la teoría y el sentido común en muchos casos. Es muy importante tener siempre presente esta declaración porque marcará el horizonte y las expectativas del inversor y permitirá evaluar la aversión al riesgo del mismo, así como los activos adecuados que deberían formar parte de su cartera para obtener los mejores rendimientos cumpliendo con su tolerancia económica-financiera y psicológica.

En línea con lo anterior, la Teoría de la Cartera de Markowitz y el Modelo de Valoración de Activos de Capital (CAPM) son referencia en el área financiera del conocimiento y de la gestión de carteras de inversión. El modelo CAPM, introducido por Sharpe, Litner y Black, investiga el riesgo sistemático y el rendimiento en un mercado competitivo y surge como continuación del aporte de Markowitz. Como todo modelo, tiene tanto fortalezas y debilidades como supuestos subyacentes, entre los que destacan la asunción de que el mercado de activos es perfecto, que la información es gratis y está

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

disponible en forma instantánea para todos los individuos y que existe un activo libre de riesgo al cual los individuos pueden prestar y/o endeudarse de forma ilimitada.

Sumado a los modelos como CAPM, se utilizan indicadores para incorporar mayor información al análisis financiero y poder llegar a decisiones de inversión mejor respaldadas y fundamentadas. Un ejemplo de estos indicadores es el Ratio o Índice de Treynor, de Jack. L. Treynor, que señala el diferencial de rentabilidad obtenido sobre el activo libre de riesgo por unidad de riesgo sistemático o no diversificable del fondo, representado por su Beta. Relaciona el exceso de retorno sobre la tasa libre de riesgo a la toma de riesgo adicional, sin embargo, el riesgo sistemático se utiliza en lugar del riesgo total.

Como complemento a los modelos e indicadores financieros, se utilizan técnicas y métodos cuantitativos para obtener mayor información y reducir la incertidumbre (y por ende el riesgo) en la toma de decisiones. Uno de estos métodos es el de la simulación. Simular es intentar duplicar las condiciones, el aspecto y las características de un sistema real. La idea detrás de la simulación es imitar una situación del mundo real en forma matemática para, después, estudiar sus propiedades y características de funcionamiento y, finalmente, obtener conclusiones y tomar decisiones acerca de las acciones a tomar con base en los resultados de la simulación.

La simulación permite formular preguntas del tipo ¿qué pasaría si...? sin interferir o intervenir en el mundo real, lo cual es muy beneficioso en el caso de las inversiones financieras porque permite evaluar previo a poner en riesgo real el capital. Sin embargo, siempre se debe tener en presente que simplemente es eso, una simulación, y que muchos factores de la realidad no pueden ser controlados ni incorporados en los modelos.

Uno de los métodos de simulación más utilizados es la Simulación Montecarlo, utilizado cuando un sistema contiene elementos que muestran distintas posibilidades en su comportamiento. La base de este método es la experimentación con los elementos estocásticos a través de un muestreo aleatorio. Para esto se sigue una serie de pasos:

1. Establecer distribuciones de probabilidad para las variables de entrada importantes.
2. Construir una distribución de probabilidad acumulada para cada variable del paso 1.
3. Establecer un intervalo de números aleatorios para cada variable.
4. Generar números aleatorios.
5. Simular una serie de ensayos.

A partir de la simulación, se puede realizar un proceso de Optimización Dinámica que busca encontrar la combinación de entradas (en el caso de cartera de inversión serán los pesos relativos de las inversiones realizadas) que permitan el mejor resultado posible (mayor rendimiento con el menor riesgo asociado) satisfaciendo ciertas condiciones preespecificadas (restricciones) y teniendo en cuenta la evolución del sistema en el tiempo.

Por último, la utilización de modelos econométricos para el estudio de relaciones económicas brinda valiosa información de respaldo y confirmación de aquello obtenido en otros modelos, métodos y herramientas para la toma de decisiones. Es por esto que se trabajará con un modelo ARIMA que intente predecir el rendimiento de la cartera de inversión. ARIMA es un modelo de pronóstico que surge del aporte de G.P.E. Box y G.M. Jenkins y cuyo interés se encuentra en el análisis de las propiedades probabilísticas de las series de tiempo económicas por sí mismas según la filosofía de que los datos hablen por sí mismos. En los modelos de series de tiempo de la metodología Box-Jenkins, como ARIMA, la variable dependiente se explica por valores pasados o rezagados de sí misma y por los términos de error estocásticos. El modelo ARIMA es un modelo de series de tiempo

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

autorregresivas (AR) integradas (I) de promedios móviles (MA), y, como todo modelo, consta de una serie de pasos a llevar a cabo para poder lograr el objetivo final:

1. Identificación del modelo (selección tentativa de p,d,q).
2. Estimación de parámetros del método elegido.
3. Exámen de diagnóstico: ¿los residuos son de ruido blanco?
4. A- Sí: Prónóstico
B- No: Regresar al Paso 1.

Como resultado de la combinación de estos modelos, métodos y herramientas, se espera llegar a cumplir con los objetivos generales y específicos planteados en este trabajo de investigación, ajustándose a los supuestos, restricciones, ventajas y desventajas en el uso y la combinación de cada uno de ellos, así como a las pruebas necesarias correspondientes para la confirmación de resultados.

Marco Metodológico

El presente proyecto de investigación se llevará a cabo con un enfoque cuantitativo de diseño correlacional. Al abordar un tema poco explorado, se considera que este estudio puede servir como base para nuevos proyectos. Por otra parte, se estudiará el comportamiento de los precios de los cripto activos y su rendimiento y se hará una comparación de esas variables con los valores presentes en el mercado de referencia seleccionado, además de predecir los comportamientos futuros.

Las hipótesis (categorizadas como hipótesis de diferencia de grupos) que buscarán fundamento en este proyecto son:

- H_1 : “Los rendimientos de la cartera de inversión formada por cripto activos son mayores a los de la cartera de inversión formada por activos e índices de mercados financieros tradicionales de referencia”.
- H_2 : “El riesgo de la cartera de inversión formada por cripto activos es menor o igual al de la cartera de inversión formada por activos e índices de mercados financieros tradicionales de referencia”.

Con respecto al diseño, al no manipular las variables estudiadas y únicamente observar, evaluar y comparar su comportamiento, se considera un estudio no experimental. Además, los datos base a utilizar forman parte de una serie de tiempo de precios históricos de activos específicos seleccionados, por lo que el proyecto será realizado en base a un diseño longitudinal panel, en el que se toman registro de los valores de las variables en diferentes momentos temporales sobre la misma población.

En cuanto a la selección de candidatos para formar la cartera de inversión es dirigida en relación al porcentaje de capitalización de mercado relativa al total de cada uno de los activos, siendo elegidos los 15 proyectos de mayor capitalización.

Por último, con respecto al período temporal de datos tomados para el estudio, se utilizarán todos los datos disponibles en las bases de datos públicas seleccionadas como fuentes de datos secundarias (obtenidas en las plataformas digitales de cotización de cripto activos más utilizados en el mercado) debido a la juventud de los activos.

**INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL
LICENCIATURA EN ADMINISTRACION**

Cronograma de Actividades

Actividades	Semanas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Revisión de la Literatura y Construcción del Marco Teórico	100 Hs															
2. Extracción, Integración y Análisis de la Información					50 Hs											
3. Evaluación y Selección de Cripto Activos Candidatos						50 Hs										
4. Simulación y Optimización Dinámica de la cartera							50 Hs									
5. Pronóstico de Rendimientos de la cartera								75 Hs								
6. Redacción de Conclusiones y Elaboración de Presentación Final														75 Hs		

Teniendo en cuenta que se contabilizan 20 Hs por la elaboración del Plan de Trabajo, 20 Hs por cada uno de los 3 Informes de Avance a realizar y 20 Hs por la presentación del Informe Final, se cumplimenta el requerimiento de 500 Hs de trabajo exigido por la Cátedra de Práctica Profesional de la Facultad.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Bibliografía

- Albornoz, C. (2006). *Principios de Administración Financiera de las empresas*. Buenos Aires: La Ley
- Anderson, S. W. (1999). *Métodos Cuantitativos para los negocios*. (7ma ed.) México: Thomson.
- Azarang M. R. & García D. E. (1998). *Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos*. México: Mc. Graw Hill.
- Bonifaz F. J. S y Lama C. R. (2013). *“Optimización Dinámica y teoría económica”* Primera Edición Corregida. Universidad del Pacífico, Centro de Investigación.
- Brealey R. A., Marcus A. J., Mateos A. P. & Myers S. C. (2010). *Finanzas Corporativas*. España: Mc Graw Hill.
- Glasserman P. (2004) *Monte-Carlo Methods in Financial Engineering. Computational Finance*. Springer Verlag
- Gujarati D. N. y Porter D. C. (2010) *“Econometría”*. (5ta ed.) Mc Graw Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. (5ta ed.)
- Law M. A. M. and Kelton W. D. (1991). *Simulation Modeling and Analysis*. Mac Graw-Hill.
- Render B., Stair Jr. R. M., Hanna M. E., Hale T. S. *Métodos cuantitativos para los negocios*. (12va ed.)
- Ross S. A., Westerfield R. W., Jaffe J. F. (2012). *Finanzas Corporativas*. (9na ed.)
- Caro Padrón, L. (2019). *Trabajo Final de Grado: El Mercado de las Criptomonedas: Análisis de Rentabilidad y Riesgo*. Facultad de Ciencias Empresarias y Turismo de Orense, Galicia. Consultado el 15/04/21. Disponible en:
http://fcetou.uvigo.es/docs/docencia/tfg/premios/JMPC-2019_Leandra.pdf
- Martínez Plasencia, A. (2013). *Trabajo Final de Grado: Gestión de Carteras de Inversión: La evaluación de la Performance*. Universidad de la Coruña, Facultad de Economía y Empresa. Consultado el 15/04/21. Disponible en:
https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/11697/Mart%C3%ADnez_Plasencia_Adri%C3%A1n_TFG_2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Rial Montes, D. (2013). *Trabajo Final de Grado: Formación y Gestión de Carteras de Inversión*. Universidad de la Coruña, Facultad de Economía y Empresa. Consultado el 15/04/21 Disponible en:
https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/11695/RialMontes_David_TFG_2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Saavedra Barrera P. y Ibarra Mercado V.H. *El método Montecarlo y su aplicación a finanzas*. Consultado el 11/05/21. Disponible en:
<http://mat.izt.uam.mx/mat/documentos/notas%20de%20clase/cfenaoe3.pdf>

**INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL
LICENCIATURA EN ADMINISTRACION**

**Cronograma de Exposiciones en Reunión de
Discusión**

ID de reunión: 833 6587 3364
Código de acceso: pp1ea

Se discutirán los avances de los siguientes trabajos:

Miércoles 23/05	
Hora	Título del Trabajo
18:30	"Plan de Marketing: Estrategias de marketing tradicional y digital" Alumno: Lizando, Karen Gisela Tutor: Usandivaras, SIMA
18:45	"Evaluación de Riesgo y Rentabilidad de una cartera de inversión de crypto-activos con relación al mercado financiero tradicional" Alumno: Mercado Tami, Juan Manuel Tutor: Ortiz, María de las Mercedes
19:00	"Gestión de Procesos Administrativos y de Control Interno - Caso de aplicación: Departamento Compras y Almacén - Oscar Barbieri S.A." Alumno: Rivadeneira, Ana Gabriela Tutor: Gor, Natalia



inat_adm_face_ust - Following

inat_adm_face_ust En el marco de la Práctica Profesional de la Licenciatura en Administración, se invita a docentes, estudiantes y personas interesadas a la Reunión de Discusión del Instituto de Administración que se realizará el día Miércoles 23 de Junio de 2021, de 18:30 a 20:30 horas en forma virtual por la plataforma Zoom.

Distribución de trabajos participantes en la X MATILA.

P45: "Evaluación de modelos Econométricos y Financieros Tradicionales Aplicados a Criptomonedas"



INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

P41	MARKETING SUSTENTABLE; ESTRATEGIA DE PACKAGING COMO VALOR AGREGADO PARA LOS CONSUMIDORES DE IDEAS JOTA BE + CALDEZ VALDEZ ANDREA MICHAELA
P42	PLAN DE MARKETING PARA FREELANCER + FERNANDEZ CINTYA ANABELLA
P43	PLAN DE MARKETING PARA ADON MUEBLES + MADR WALTER
P44	SISTEMAS DE INFORMACIÓN COMO MEJORA EN LA GESTIÓN DE UN EMPRENIMIENTO DE INDUMENTARIA INFANTEL + LAZARTE MARIA ELOISA
P45	EVALUACIÓN DE MODELOS ECONOMETRICOS Y FINANCIEROS TRADICIONALES APLICADOS A CRIPTOMONEDAS + MERCADO TAVIL JUAN MANUEL
P46	EVALUACION ECONOMICA FINANCIERA DE UNA EMPRESA DE TRANSPORTE HACIA EMPRESAS PRIVADAS + PREDONIC IVAN
P47	ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MARKETING DIGITAL PARA EL CLUB ATLETICO SAN MARTIN + SEMER RODRIGO

Link de la Presentación Realizada para la X MATILA:

https://www.youtube.com/watch?v=s8wfnOzx6_g

Presentación Expuesta en la X MATILA



INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

PRESENTACIÓN

Información General del Proyecto

- Autor: Mercado Tawí, Juan Manuel
- e-mail: juanmerc95@gmail.com
- Tutora: Mag. Orbiz, María de las Mercedes
- Cátedra: Práctica Profesional
- Modalidad: Proyecto de Investigación
- Año 2021 - Licenciatura en Administración



Criptomonedas y Análisis Financiero

Marco Teórico Modelos y Conceptos

- 01 Capital Asset Pricing Model (CAPM)
Modelo de Markowitz y Sharpe
- 02 Optimización Dinámica
Simulación Montecarlo
- 03 Metodología Box-Jenkins
Modelos AR, MA, ARMA, ARCH, GARCH
- 04 Blockchain y Criptomonedas
- 05 Índice Bursátil S&P 500

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION



🔍 Problemática

Expansión de las inversiones financieras en "cripto activos" y criptomonedas. ¿Existe algún modelo econométrico, matemático o financiero que sirva como herramienta de apoyo confiable para la toma de decisiones de inversión relacionada a criptomonedas?

- Criterios de selección de activos
- Modelos participantes
- Tasas de Retorno y Niveles de Riesgo

📌 Objetivos

General

Evaluar modelos financieros como herramientas de apoyo confiables para la toma de decisiones de inversión relacionadas a criptomonedas



Específicos

- Formar carteras de inversión comparables con el índice bursátil S&P 500
- Simular escenarios de rendimiento y volatilidad
- Generar modelos predictivos del comportamiento de las criptomonedas
- Comparar los modelos y resultados obtenidos

📐 Metodología

- Enfoque cuantitativo de alcance descriptivo
- Diseño no experimental, longitudinal panel
- Muestreo dirigido y bases de datos secundarias

Criterios de selección

- Datos de cotización disponibles
- Capitalización de mercado

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION



CAPM

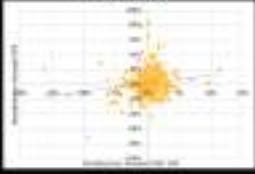
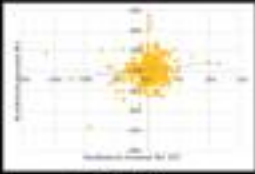
$$E(R_i) = R_f + \beta_i(R_M - R_f)$$

Índice S&P 500
rf = 0,02% anual

S&P 500
RM = 7,972% anual

Activos	Indicador de Rendimiento Esperado	Indicador de Rendimiento Realizado	Indicador de Rendimiento Relativo	Indicador de Rendimiento Relativo	Indicador de Rendimiento Relativo	Indicador de Rendimiento Relativo	Indicador de Rendimiento Relativo
IBM	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
MSFT	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
GOOGL	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
AMZN	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
FB	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
BRK.A	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
DIS	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
PG	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
UNH	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
CVX	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
LLY	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
MRK	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
WAL	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
ORCL	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
CRM	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
ADBE	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
INTC	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
QCOM	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
TXN	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
IBM	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
MSFT	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
GOOGL	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
AMZN	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
FB	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
BRK.A	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
DIS	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
PG	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
UNH	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
CVX	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
LLY	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
MRK	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
WAL	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
ORCL	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
CRM	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
ADBE	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
INTC	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
QCOM	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
TXN	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%

Rendimientos BTC y ETH vs S&P 500



Optimización Dinámica

$$T_p = \frac{R_p - r_f}{\beta_p}$$

FUNCION OBJETIVO

Maximizar el valor del Índice de Treynor de la cartera: rendimiento generado sobre el activo sin riesgo por cada unidad de riesgo asumida

RESTRICCIONES

- Participación máxima por activo
- Peso máximo de la cartera = 1,1
- Rendimiento mínimo esperado: 0,6% mensual

VARIABLES DE DECISION

Proporciones a invertir en cada oportunidad

Activos	Indicador de Rendimiento Esperado	Indicador de Rendimiento Realizado	Indicador de Rendimiento Relativo	Indicador de Rendimiento Relativo	Indicador de Rendimiento Relativo	Indicador de Rendimiento Relativo	Indicador de Rendimiento Relativo
IBM	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
MSFT	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
GOOGL	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
AMZN	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
FB	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
BRK.A	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
DIS	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
PG	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
UNH	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
CVX	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
LLY	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
MRK	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
WAL	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
ORCL	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
CRM	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
ADBE	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
INTC	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
QCOM	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
TXN	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%

Rendimiento Esperado del Portafolio	1,91%
Peso del Portafolio	1,1000
Índice de Treynor del Portafolio	0,0164
Indicador de Rendimiento Relativo	-4,69%

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Metodología Box-Jenkins

1/4

Modelos ARIMA y ARCH

Paso 1

Prueba de Raíz Unitaria de Dickey-Fuller Aumentada / Heterocedasticidad

Estacionariedad de la serie / Varianza no constante

Paso 2

Identificación del modelo (p,d,q)

Análisis de Correlogramas (ACF y PACF)

Paso 3

Estimación de parámetros del modelo

Tabla de valores y pruebas estadísticas

Paso 4*

Exámen de Diagnóstico

Correlogramas de Residuos y Q-Q Plot

Paso 5

Pronóstico

Generación de valores y comparación con valores reales


*Se repite el proceso hasta encontrar un modelo de buen ajuste

Metodología Box-Jenkins

2/4


"Rendimiento diarios continuos de la cartera 1"

Paso 1



Serie sin raíz unitaria

Paso 2



Posibles valores:
p=2/4/5 q=2/4/5

Paso 3

Modelo	Constante	DR	DR	DR	DR	DR	DR
AR(1)	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(2)	-0.17130	0.07790	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(3)	-0.04000	0.04000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(4)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(5)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(6)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(7)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(8)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(9)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(10)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(11)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(12)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(13)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(14)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(15)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(16)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(17)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(18)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(19)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(20)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(21)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(22)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(23)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(24)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(25)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(26)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(27)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(28)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(29)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(30)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(31)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(32)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(33)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(34)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(35)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(36)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(37)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(38)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(39)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(40)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(41)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(42)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(43)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(44)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(45)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(46)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(47)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(48)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(49)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(50)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(51)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(52)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(53)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(54)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(55)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(56)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(57)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(58)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(59)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(60)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(61)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(62)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(63)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(64)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(65)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(66)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(67)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(68)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(69)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(70)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(71)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(72)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(73)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(74)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(75)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(76)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(77)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(78)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(79)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(80)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(81)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(82)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(83)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(84)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(85)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(86)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(87)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(88)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(89)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(90)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(91)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(92)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(93)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(94)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(95)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(96)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(97)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(98)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(99)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
AR(100)	-0.00000	0.00000	-0.90467	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Modelo de mejor ajuste:
ARIMA (4,1,6)

Metodología Box-Jenkins

3/4

"Rendimiento diarios continuos de la cartera 1"

Paso 4

Autocorrelación

Lag	ACF	PACF	Q-Stat	P-Value
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
2	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
3	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
4	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
5	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
6	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
7	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
8	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
9	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
10	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
11	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
12	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
13	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
14	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
15	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
16	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
17	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
18	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937
19	0.00000	0.00000	0.00000	0.95937

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Metodología Box-Jenkins

"Rendimiento diarios continuos de la cartera 1"

4/4

Paso 5

Rendimientos diarios pronosticados y acumulado semanal

Fecha	Rendimientos		
	Pronosticado	Real	Diferencia
12/01/2014	1.1457%	-4.4044%	-5.5491%
12/02/2014	2.1289%	-0.1883%	-2.3079%
12/03/2014	0.4670%	7.3227%	6.8557%
12/04/2014	1.1481%	5.1743%	4.0262%
12/05/2014	-1.2917%	-0.5389%	0.7528%
12/06/2014	-0.2512%	-5.7189%	-5.4677%
12/07/2014	-1.2389%	1.2049%	2.4438%
12/08/2014	0.3017%	-0.7593%	-1.0610%
Total	1.4688%	-2.8144%	-4.2832%



Conclusiones y Recomendaciones



Cumplimiento íntegro como proyecto

- Adaptación de los datos para incorporar a los modelos de forma exitosa



Modelos no adecuados

- Valores resultantes y pronósticos imprecisos
- Bajos niveles de confianza para la toma de decisiones



Modelos alternativos

- Black Scholes Opciones Financieras
- Volatilidad Estocástica

Bibliografía

- Abril, M.M. (2014). Comparaciones entre los modelos clásicos y estocásticos para estimar volatilidad. Revista de Investigaciones del Departamento de Ciencias Económicas de La Universidad Nacional de La Matanza, Vol. X, N° 19. Recuperado de <https://www.conicet.gov.ar/handle/handle/29479>
- Albornoz, C. (2006). Principios de Administración Financiera de las empresas. (1ra ed.). Buenos Aires: La Ley
- Anderson, S. W. (1999). Métodos Cuantitativos para los negocios. (7ma ed.) México: Thomson
- Aparicio, R. & García, D. E. (1999). Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos. (1ra ed.). México, Mx: Graw Hill
- Sorriaga, F. J. & Linares, C. R. (2013). "Optimización Dinámica y Gestión Económica" Primera Edición. Universidad del Pacífico, Centro de Investigación
- Brealey, R. A., Marcus, A. J., Myers, A. P. & Myers, S. C. (2010). Finanzas Corporativas. España: Mc Graw Hill
- Caro-Pedraza, L. (2018). El Mercado de las Opciones: Análisis de Rentabilidad y Riesgo. Facultad de Ciencias Empresariales y Turismo de Orense. Galicia, España. Recuperado de: http://riata.uvigo.es/bitstream/handle/10155/10000/1/10000_10000.pdf
- Garrido Torres, M. (2016). Evolución del Modelo CAPM a lo largo de la Historia de la Economía Financiera. Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España. Recuperado de: <https://repositorio.comillas.edu/bitstream/handle/123456789/123456789/1/123456789.pdf>
- Glasserman, P. (2004). Monte-Carlo Methods in Financial Engineering. Computational Finance (3ra ed.). Alemania: Springer Verlag
- Gujral, D.N. y Porter, D. C. (2010). Economía Financiera. México D.F.: Mc Graw-Hill

1/3

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Bibliografía

- Hernández Sanjulián, R., Fernández Galindo, C., Bagata Lugo, M. (2014). Metodología de la Investigación. (5ta ed.). México D.F.: McGraw Hill.
- Law M. A. M. and Nelson R. D. (1991). Simulation Modeling and Analysis. (2da ed.) J.E.L.L.J. McGraw-Hill.
- Lihua Ma et al. (2018). ARMA model forecast based on Eviews Software. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 205 (12017). Recuperado de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/208/1/012017/pdf>
- Markowitz, H.M. (1952). Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. Cowles Foundation for Research in Economics at Yale University, Monograph 16. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2305973>
- Martínez Florencia, A. (2013). Gestión de Carteras de Inversión: La evaluación de la Performance. Universidad de la Coruña, Facultad de Economía y Empresa, España. Recuperado de: https://ruc.uclm.es/dspace/bitstream/handle/21831/1660/MartínezFlores_AdriánCINATr_TRG_2013.pdf?sequence=28&isAllowed=y
- Rendei B., Székely R. M., Háma M. E., Péter T. S. (2012). Métodos cuantitativos para los negocios. (11va ed.) México: Pearson Educación.
- Rial Morales, D. (2013). Formación y Gestión de Carteras de Inversión. Universidad de la Coruña, Facultad de Economía y Empresa, España. Recuperado de: https://ruc.uclm.es/dspace/bitstream/handle/21831/1695/RialMorales_David_TRG_2013.pdf?sequence=28&isAllowed=y

2/3

Bibliografía


- Rodríguez Batanero, A. (2016). Selección de Activos de una Cartera usando la Teoría de Markowitz. Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España. Recuperado de: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11311/11496/1/PA000545.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ross S. A., Westerfield R. W., Jaffe J. F. (2012). Finanzas Corporativas. (5na ed.). México D.F.: McGraw Hill.
- Botella J., F., Salomón, P.L.R. and de Oliveira Pompeiana, E. (2014). ARMA: An Applied Time Series Forecasting Model for the Bovespa Stock Index. Applied Mathematics, 5, 3383-3391. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/275214476_ARMA_An_Applied_Time_Series_Forecasting_Model_for_the_Bovespa_Stock_Index
- Saavedra Barrera P. y Juana Mercado V.H. El método Markowitz y su aplicación a Finanzas. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. Recuperado de: <http://mat.uam.mx/mat/doc/curso/marcos/2012/02/bsa.pdf?isAllowed=y>
- Sharpe, F.W. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. The Journal of Finance, Vol. XIX, No. 3. Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/2327928>
- The Goldman Sachs Group Inc. (2017). Crypto: A New Asset Class?. Top of Mind, Issue 98, 41 páginas. Recuperado de: <https://www.goldmansachs.com/insights/pages/crypto-a-new-asset-class.html>

3/3

¡Gracias!

 Autor: Juan Manuel Mercado Tawil

 e-mail: juanmerc96@gmail.com

 Tel: 3815678516



INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

1° Informe de Avance PP – Mayo 2021

Nombre del Trabajo: “Evaluación de Riesgo y Rentabilidad de una cartera de inversión de cripto activos en relación al mercado financiero tradicional

Nombre del Alumno: Mercado Tawil, Juan Manuel

Tutor: Ortiz, María de las Mercedes

Actividades realizadas durante el primer mes:

- Lectura de Bibliografía: “Econometría” por Gujarati y Porter, específicamente capítulos relacionados a modelos de series de tiempo ARIMA y tratamiento de datos panel; “Metodología de la Investigación” por Hernández Sampieri; “Optimización Dinámica y teoría económica” por Bonifaz y Lama; “Finanzas Corporativas” por Ross, Westerfield y Jaffe en lo relacionado a modelo CAPM e Índice de Treynor; Papers científicos y académicos sobre evaluación de carteras, aplicación de modelos econométricos a series de tiempo, optimización dinámica y utilización de lenguaje de programación Python. En base a la lectura se definieron los modelos y herramientas a aplicar: Programación Dinámica con Simulación Montecarlo, Metodología Box-Jenkins y Modelo CAPM.
- Participación virtual en clases de Econometría II de la Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México, dictadas por el Profesor Benjamín Oliva Vázquez, para un mejor entendimiento de los beneficios y las mejores formas de utilización de los modelos econométricos.
- Extracción y tratamiento inicial de base de datos de precios históricos de los cripto activos a utilizar en el estudio, proveniente de plataforma de cotización pública “CoinMarketCap.com”. Información extraída para posterior utilización y modelado: Precio de apertura y cierre diario, volumen diario transaccionado y capitalización de mercado diaria (precio de la moneda multiplicado por el número de monedas en circulación).
- Reunión de tutoría con Profesora Ortiz y asesoría continua sobre conveniencia de los modelos a utilizar y de supuestos, bondades y limitaciones de los mismos a tener en cuenta al momento de la implementación y de la conclusión de resultados para futuras aplicaciones y estudios complementarios.
- Redacción, presentación y corrección del Plan de Trabajo e Informe de Avances.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

2° Informe de Avance PP – Junio 2021

Nombre del Trabajo: “Evaluación de Riesgo y Rentabilidad de una cartera de inversión de cripto activos en relación al mercado financiero tradicional”

Nombre del Alumno: Mercado Tawil, Juan Manuel

Tutor: Ortiz, María de las Mercedes

Actividades realizadas durante el mes:

- Revisión de estudios y bibliografía relacionada al nacimiento, evolución y aplicación del modelo CAPM, así como sus principales supuestos, características y críticas que se le han realizado por estudiosos y profesionales. Bibliografía destacada: “Portfolio Selection” de Harry Markowitz, “Capital Asset Prices. A theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk” de William Sharpe y el trabajo de investigación “Evolución del Modelo CAPM” de Marta Gimeno Torres de la UPC de Madrid.
- Consulta de tutoriales en la plataforma digital “Youtube” sobre la aplicación práctica del modelo CAPM en el software Microsoft Excel y herramientas útiles para el adecuamiento de bases de datos.
- Extracción de nueva base de datos de precios históricos de la plataforma digital www.coingecko.com/es debido a mayor precisión en las cotizaciones de los cripto activos en relación a la base de datos anteriormente obtenida, que pueden afectar de forma negativa en los resultados.
- Depuración y tratamiento de bases de datos de rendimientos históricos de los cripto activos participantes del estudio, así como de los datos de rendimientos del indicador S&P 500 (utilizado como mercado referencia y extraído de www.finance.yahoo.com) y de las T-bill de 53 semanas del Tesoro Estadounidense (utilizado como tasa libre de riesgo y extraído de www.treasury.gov), para extraer valores a utilizar en el modelo de valoración de activos CAPM.
- Determinación de rentabilidades diarias y semanales continuas, varianzas y betas de los cripto activos.
- Desarrollo del modelo CAPM en cada uno de los activos participantes.
- Participación en reunión con la tutora del presente proyecto de investigación con el objeto de revisión de avances y corrección de errores en el tratamiento de las bases de datos y el planteamiento del modelo CAPM, así como la propuesta de modelos financieros alternativos para evaluar resultados y compararlos.
- Redacción de “2° Informe de Avance” y “Resumen para la Reunión de Discusión del mes de Junio”.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION
--

Firma del Estudiante_____

Fecha_____

Aclaración_____

Firma del Director_____

Fecha_____

Aclaración_____

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

COMENTARIO DEL DIRECTOR SOBRE EL DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

El alumno Juan Manuel Mercado Tawil, ha realizado un trabajo de investigación sobre datos de mercados reales, aplicando conceptos propios de las asignaturas Finanzas, Análisis Cuantitativos de Negocios, Estadística, Sistemas de Información y Taller de Metodología de la Investigación.

Para realizar su trabajo y llegar a la conclusión, ha llevado a cabo una detallada investigación sobre cripto activos y sus mercados, un minucioso estudio de los modelos financieros y econométricos tradicionales y de sus supuestos, ha realizado una importante búsqueda de material específico sobre cripto activos, sus mercados y su comportamiento.

Durante los meses de preparación, ha sabido sortear las dificultades que se han presentado en la obtención de datos, en la elección de los modelos a aplicar y en la aplicación e interpretación de los métodos seleccionados. También ha sido activo en sus consultas y ha planteado dudas y soluciones bien fundamentadas.

Cabe mencionar la buena predisposición del alumno para encarar un tema poco abordado formalmente, lo que deriva en un trabajo original e interesante desde el punto de vista del aporte que hace acerca de la capacidad de las herramientas convencionales para pronosticar rendimientos de carteras de cripto activos, al tiempo que deja planteada la posibilidad de ampliar la investigación en estudios posteriores.

Por lo tanto, afirmo entonces que el alumno autor de este trabajo, ha resuelto razonablemente las dificultades propias de la investigación planteada, utilizando las herramientas y la información adecuada.

Firma del Director _____

Aclaración _____

Fecha

**INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL
LICENCIATURA EN ADMINISTRACION**

Proyecto de Investigación

“Evaluación de modelos
econométricos y financieros
tradicionales aplicados a
criptomonedas”

Trabajo de Campo

Autor: Mercado Tawil, Juan Manuel
DNI: 39.698.357
Tutora: Mag. Ortiz, María de las Mercedes

Licenciatura en Administración
Cátedra Práctica Profesional
Proyecto de Investigación - Año 2021

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION
--

Índice

1. Resumen	3
2. Introducción	4
3. Marco Metodológico	6
3.1 Planteamiento del Problema	6
3.2 Justificación del Trabajo	6
3.3 Objetivos del Trabajo	7
3.4 Metodología	7
4. Marco Teórico	9
4.1 Modelo de Markowitz y CAPM	9
4.2 Optimización Dinámica y Simulación	16
4.3 Metodología Box-Jenkins	18
4.4 Blockchain y Criptomonedas	22
4.5 Índice Bursátil S&P 500	23
5. Aplicación y Resultados	24
5.1 Modelo CAPM	24
5.2 Optimización Dinámica	27
5.3 Metodología Box-Jenkins	31
6. Conclusiones y Recomendaciones	41
7. Bibliografía	43
8. Anexo	45

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

1. Resumen

En la última década, y de forma más pronunciada en el último par de años, se ha comenzado a incluir a los “cripto activos” y las criptomonedas como alternativa de inversión, tanto para individuos como para empresas.

La tecnología blockchain ha permitido avances no solo en el ámbito financiero, sino también en el operativo, contractual y comercial de las empresas. Esto ha generado su consolidación y ha llevado a un interés cada vez mayor en participar en este mundo.

Sin embargo, en lo que a inversiones financieras respecta, la volatilidad es extrema en muchos casos, por lo que urge la necesidad de encontrar herramientas que brinden claridad y soporte al momento de tomar decisiones de inversión. Es por esto que este trabajo se propone evaluar modelos que han sido utilizados históricamente y en el presente en los mercados financieros tradicionales, y determinar si estos modelos son extrapolables a las criptomonedas o no. Para alcanzar este propósito, se utilizará en primer lugar el modelo de valoración de activo “Capital Asset Pricing Model” de Sharpe, comparando el rendimiento del índice Bursatil S&P 500 con las criptomonedas. En segundo lugar, se procederá a realizar una Optimización Dinámica (combinación de Optimización Lineal con Simulación Montecarlo) para la formación de una cartera basada en rendimientos probabilísticos de los diferentes activos. Por último, se procederá a la modelización por medio de la Metodología Box – Jenkins, donde se testearán procesos autorregresivos, de medias móviles y de heterocedasticidad condicional, muy utilizados en la predicción de rendimientos de activos financieros tradicionales.

Una vez obtenidos los resultados, se espera tener un panorama claro con respecto a estar tres herramientas y su utilidad al momento de aplicarse al terreno de las criptomonedas, así como dar lugar a nuevos estudios y nuevas pruebas a modelos financieros y econométricos en este ámbito.

Palabras Clave: Criptomonedas – Blockchain – CAPM – Optimización Dinámica -Box-Jenkins

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

2. Introducción

A estas alturas del siglo XXI, no es ninguna novedad que las innovaciones tecnológicas se suceden sin esperar que las empresas y la sociedad logren adaptarse y seguir el ritmo. Dentro de este escenario, la tecnología blockchain se encuentra en boca de todos por las infinitas posibilidades que ofrece, recordando al inicio de Internet y su potencial limitado solo por la imaginación de los más instruidos en la materia. Esta nueva tecnología, y sus activos derivados, prometen controversia y revolución en los sistemas tradicionales, desde lo operativo hasta lo financiero y fiscal, desde lo individual hasta lo colectivo y empresarial, tanto en el plano local como internacional. Al respecto, un uso en particular de la tecnología blockchain, las criptomonedas (no criptoactivos, ya que este término se considera aún más abarcativo que estas últimas), es el eje central de este trabajo de investigación. La búsqueda de un modelo que permita comprender su comportamiento desde un punto de vista económico y financiero, llevó a testear el uso de modelos econométricos y de la estadística utilizada en los mercados accionarios tradicionales (bajo el supuesto de que su comportamiento presenta ciertas similitudes).

Como base del presente trabajo, se comienza con la introducción teórica del Modelo de Markowitz, el cual plantea que los inversores desean rentabilidad y rechazan el riesgo, por lo que las carteras serán eficientes en tanto proporcionan la máxima rentabilidad posible para el menor riesgo posible. Esta expresión se traduce en un modelo matemático compuesto por un programa cuadrático paramétrico que se involucra el presupuesto del inversor destinado a cada activo de la cartera, la varianza de la cartera, la covarianza entre los rendimientos de los activos y las rentabilidades esperadas de cada activo.

El modelo de Markowitz da lugar al surgimiento del modelo Capital Asset Pricing Model, que se diferencia en el anterior por la incorporación de la Beta de la cartera y de los activos al modelo, medida de riesgo que compara las variaciones del rendimiento de los activos o de la cartera en comparación con la rentabilidad del mercado, representada por los rendimientos de un índice o un activo de referencia. El CAPM (por sus siglas en inglés) hace la incorporación de la Beta de la cartera para diferenciar el riesgo sistemático y el no sistemático, y es el modelo más utilizado en el último siglo por excelencia al momento de formación de carteras eficientes que superen los rendimientos del mercado, contando a su vez con una medida de riesgo útil para comparar carteras y activos.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Este poderoso modelo, combinado con el método de Programación Dinámica u Optimización Estocástica, el cual busca generar la solución para varios escenarios que se pueden establecer bajo una condición probabilística, y con la Simulación Montecarlo, herramienta estadística que permite la modelación de resultados acorde con el comportamiento histórico de los datos y su probabilidad de ocurrencia, brindan la oportunidad de evaluar posibles escenarios en cuanto al rendimiento y la volatilidad de activos, como también opciones de carteras formadas por estos activos en diferentes proporciones que cumplan con condiciones mínimas de diversificación, volatilidad y rendimientos esperados por el inversor. Estas técnicas, procesadas a través de programas de software como Microsoft Excel y Risk Simulator y aplicadas a su vez en bases de datos de rendimientos históricos de criptomonedas, dan lugar a una posible comparación con respecto al mercado accionario tradicional estadounidense.

Por otro lado, como complemento para la comparación entre practicidad y ajustes de modelos predictivos, se utiliza la Metodología Box-Jenkins, basada en un enfoque de modelado iterativo de 3 etapas (Identificación y selección del modelo, estimación de parámetro por medio de algoritmos y , por último, comparación de si el modelo estimado se ajusta a las especificaciones de un proceso univariado estacionario, mediante ensayo), para encontrar posibles modelos que se ajusten a la serie temporal de rendimientos históricos de carteras de inversión formadas por criptomonedas. Una vez alcanzados los mejores modelos, se busca predecir los valores de la serie y establecer así los rendimientos y la volatilidad esperada para la cartera, logrando un mejor entendimiento del comportamiento y las posibles ventajas de invertir en estas monedas digitales. Para lograr alcanzar este último objetivo, se utiliza el software estadístico y econométrico E-views.

Cumplir este proceso y proyecto de investigación permitirá evaluar el rendimiento de diversos modelos como herramientas de soporte a la toma de decisiones de inversión y financieras, así como generar un estímulo al debate y a la prueba de otros modelos que logren mejores ajustes y predicciones. Para ello, se trabajó con datos de rendimientos históricos de diversas criptomonedas, mayormente las más antiguas y de mayor capitalización de mercado, como también del índice bursátil S&P 500.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

3. Marco Metodológico

3.1 Planteamiento del Problema

Actualmente existe un mundo de inversiones financieras en auge, pero aun poco explorado por el grueso de la población y de los inversores financieros, ya sea por reticencia, por aversión al riesgo, por falta de conocimiento, información o experiencia, o por motivos impositivos o legales. Estamos hablando del mundo de los cripto activos.

De este hecho, surge el siguiente planteamiento: ¿Se podrá encontrar algún modelo financiero, matemático o econométrico existente que sirva como herramienta de apoyo para la toma de decisiones financieras y de inversión relativas a las criptomonedas?

Para responder esta pregunta, es necesario ahondar también en otras que formarán parte del proceso para poder llegar a la conclusión final:

- ¿Qué criterios se deben usar para la selección de los activos candidatos a evaluar?
- ¿Qué modelos son utilizados actualmente en instrumentos financieros similares?
- ¿Cuál es el retorno y el riesgo esperado del mercado de referencia S&P 500?
- ¿Cuál es el retorno y el riesgo esperado de las criptomonedas participantes?
- ¿Se puede predecir o estimar el rendimiento futuro de la cartera con los modelos seleccionados?

3.2 Justificación del Trabajo

Indagar y evaluar estos conceptos permitirá a un mayor número de potenciales inversores actuar con mayor información y sustento financiero y aprovechar oportunidades de inversión y rendimiento en cripto activos, generando un mayor flujo de capitales hacia las criptomonedas junto a incrementos en los volúmenes de capitalización de mercado y de transacciones que fortalezcan el sistema y lo vuelvan aún más confiable.

Se trabaja sobre el supuesto de la futura aceptación y legislación del uso de este tipo de activos en los mercados financieros mundiales, por lo que lo descripto anteriormente sería beneficioso para el público en general y sobre todo para los usuarios y participantes de este mercado financiero.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Además, este estudio busca dar visibilidad a un tema poco abordado por estudios formales para estimular su estudio. Permitirá evaluar también la efectividad de las herramientas utilizadas para obtener los resultados y buscar mejores alternativas o aplicaciones para futuros ensayos.

3.3 Objetivos del Trabajo

Objetivo General: Evaluar modelos financieros y econométricos utilizados en el mercado bursátil tradicional (CAPM y modelos derivados de la Metodología Box-Jenkins) como herramientas que permitan comprender el comportamiento de las criptomonedas, sus rendimientos y volatilidades, y predecir y pronosticar sus valores.

Objetivos Específicos:

- Determinar criptomonedas participantes en el estudio en base a criterios objetivos y lógicos (niveles de rendimiento mínimos, volatilidad máxima esperada, capitalización de mercado, etc.).
- Formar opciones de carteras de inversiones comparables con el índice bursátil S&P 500.
- Simular escenarios de rendimientos y volatilidades para las carteras de inversión y el índice bursátil.
- Elaborar modelos predictivos del comportamiento de las criptomonedas.
- Evaluar y comparar los modelos obtenidos.

3.4 Metodología

El presente proyecto de investigación se llevará a cabo con un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo, teniendo en cuenta que como parte del proyecto se estudiarán las características financieras y económicas de las criptomonedas y su comportamiento en relación al índice S&P500 y se buscará predecir sus valores futuros, pero el objetivo principal es evaluar los modelos financieros y económicos utilizados y su conveniencia en el uso.

Con respecto al diseño, al no manipular las variables estudiadas y únicamente observar, evaluar y comparar su comportamiento, se considera un estudio no experimental. Además, los datos base a utilizar forman parte de una serie de tiempo de precios históricos de activos específicos seleccionados, por lo que el proyecto será realizado en base a un diseño longitudinal panel, en el que se toman registro de los valores de las variables en diferentes momentos temporales sobre la misma población.

En cuanto a la selección de candidatos para formar las carteras de inversión, se trata de una selección dirigida basada en el valor de capitalización de mercado de cada criptomoneda relativo al total del mercado general, siendo elegidos los 17 proyectos de mayor capitalización. Dentro de esta primera selección, se formarán cartera teniendo en cuenta, como segundo criterio, la cantidad de datos históricos con los que se cuenta para obtener resultados estadísticamente robustos y confiables.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Continuando con la consideración del período temporal de datos tomados para el estudio, se utilizarán todos los datos disponibles en las bases públicas seleccionadas como fuentes de datos secundarias (obtenidas en las plataformas digitales de cotización de cripto activos más utilizados en el mercado) debido a la juventud de los activos.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

4. Marco Teórico

4.1 Modelo de Markowitz y Capital Asset Pricing Model (CAPM)

La literatura de gestión de carteras de inversión hace mucho hincapié en el manejo adecuado del riesgo a través de la diversificación y la selección de activos de mejor rendimiento con menor riesgo. La rentabilidad o rendimiento hace referencia a la capacidad de generar rendimientos, aunque en las inversiones los rendimientos futuros no son seguros. Aquí es donde entra el concepto de riesgo. El riesgo representa la incertidumbre en la evolución de los precios y las rentabilidades de los activos en los que se invierte. Por esto es que se desarrollan modelos e indicadores que buscan evaluar, predecir, comparar o calcular los niveles esperados de rentabilidad y de riesgo en los activos estudiados.

Ante mayor riesgo, mayor será la rentabilidad exigida o esperada. Esto es lo que nos indica la teoría y el sentido común en muchos casos. Es muy importante tener siempre presente esta declaración porque marcará el horizonte y las expectativas del inversor y permitirá evaluar la aversión al riesgo del mismo, así como los activos adecuados que deberían formar parte de su cartera para obtener los mejores rendimientos cumpliendo con su tolerancia económica-financiera y psicológica.

En línea con lo anterior, la Teoría de Cartera de Markowitz y el Modelo de Valoración de Activos de Capital (CAPM) son referencia en el área financiera del conocimiento y de la gestión de carteras de inversión. El modelo CAPM, introducido por Sharpe, Litner y Black, investiga el riesgo sistemático y el rendimiento en un mercado competitivo y surge como continuación del aporte de Markowitz. Como todo modelo, tiene tanto fortalezas y debilidades como supuestos subyacentes.

Para entrar en un mayor detalle, Markowitz plantea que el proceso de formación de la cartera óptima se da en cuatro etapas:

1. Determinación del conjunto de posibilidades de inversión que ofrece el mercado (conjunto viable).

Se analizan los N activos de riesgo y las carteras posibles a formar en el mercado, estimando su rentabilidad esperada, varianzas y covarianzas entre los rendimientos de cada par de posibles activos financieros.

Con dos títulos con correlación intermedia las combinaciones se sitúan sobre una hipérbola dibujada entre tales cotas, cuya curvatura es mayor cuanto menor es la correlación entre los rendimientos de los dos activos.

Con N activos financieros y correlación intermedia se forma una región que llamamos conjunto viable.

2. Determinación del conjunto o frontera eficiente. Cartera eficiente es aquella que cumple dos condiciones:

Para su nivel de rendimiento esperado, no existe ninguna otra cartera que tenga un riesgo más bajo.

Para el riesgo que conlleva, no existe otra oportunidad de inversión que permita obtener un rendimiento esperado mayor, es decir, proporciona la máxima rentabilidad esperada posible para su nivel de riesgo.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

En cualquier otro caso se considera la cartera ineficiente. La cartera eficiente de menor riesgo es la cartera de mínima varianza (CMV) y la frontera eficiente empieza en la CMV.

3. Especificación de las preferencias del inversor

Las curvas de indiferencia son crecientes y convexas. La forma específica dependerá del grado de aversión al riesgo del inversor.

Una curva de indiferencia o isoutilidad es la representación gráfica de todas las combinaciones rendimiento esperado-riesgo que proporcionan al inversor la misma utilidad esperada y que le son indiferentes.

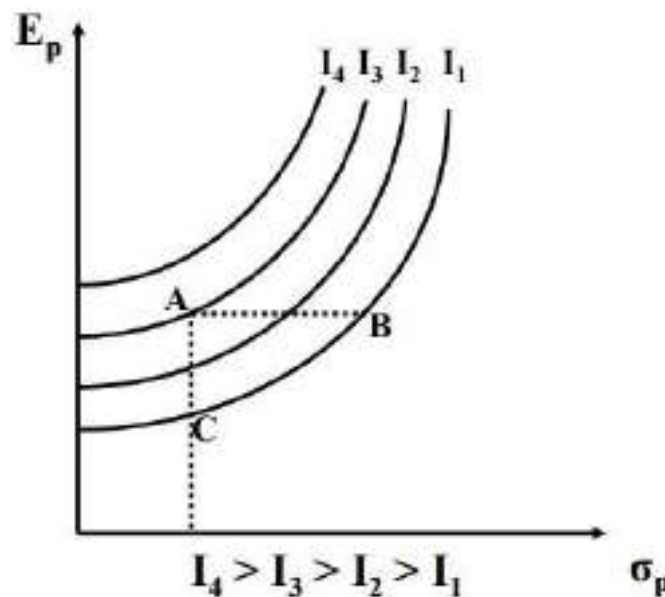


Gráfico 1: Curvas de Isoutilidades de Markowitz

4. Determinación de la cartera óptima

La cartera óptima se encuentra en el punto de tangencia entre la frontera eficiente y una curva de isoutilidad. La cartera O es la que proporciona mayor utilidad posible al situarse en la curva de indiferencia más elevada.

Es única para cada inversor porque depende:

- De las estimaciones individuales sobre los títulos (frontera eficiente).
- Del grado de aversión al riesgo (curvas de indiferencia).

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

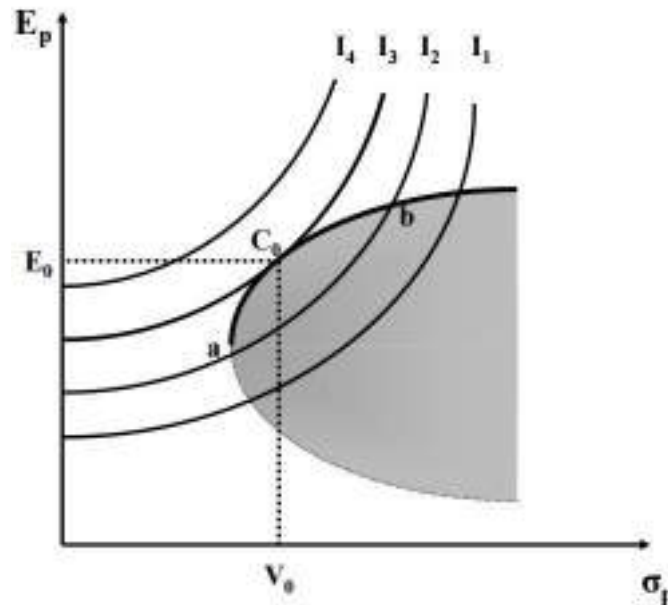


Gráfico 2: Frontera Eficiente de Markowitz

El modelo de Markowitz establece como supuestos:

- La rentabilidad de una cartera viene dada por su esperanza matemática o media.
- El riesgo de una cartera se mide a través de la volatilidad (según la varianza o desviación típica, teniendo en cuenta el riesgo total=riesgo sistemático + no sistemático).
- El inversor siempre prefiere la cartera con mayor rentabilidad y menor riesgo.
- Las funciones de utilidad de los inversores son monótonas crecientes por lo que para cartera de valores con una misma varianza se prefiere la cartera de mayor rendimiento esperado.
- Los mercados financieros son perfectos:
- Toda la información está igualmente disponible y de forma gratuita para todos los participantes en los mercados.
- No existen costes de transacción en las operaciones de compraventa de los activos financieros
- Los títulos son infinitamente divisibles. Es posible invertir en ellos cualquier proporción del presupuesto.
- No hay inflación ni impuestos en la economía.
- Los inversores son precio-aceptantes.
- Todos los inversores tienen la misma amplitud en su horizonte de planificación, que es de un período. Al principio del período, adquieren una cartera de valores determinada que venden al final del período en cuestión.
- En los mercados financieros se negocian N activos financieros arriesgados y sus combinaciones. No se contempla la existencia de un activo financiero libre de riesgo en el que poder invertir o con el que poder financiarse.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

- Los valores tienen liquidez inmediata al final del período de referencia.
- No se permiten ventas en descubiertos.

El conjunto de carteras eficientes puede calcularse resolviendo el siguiente programa cuadrático paramétrico:

$$\text{Min } \sigma^2(R_p) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i \cdot x_j \sigma_{ij}$$

sujeto a:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot E(R_i) = V^*$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1$$

$$x_i \geq 0 \quad (i = 1, \dots, n)$$

Donde:

- X_i : es la proporción del presupuesto del inversor destinado al activo financiero
- i : activo financiero i .
- $\sigma^2(R_p)$: varianza de la cartera p .
- σ_{ij} : covarianza entre los rendimientos de los activos i y j .
- $E(R_p)$: rentabilidad o rendimiento esperado de la cartera p .

El conjunto de pares $[E(R_p), \sigma^2(R_p)]$ o combinaciones rentabilidad-riesgo de todas las carteras eficientes es denominado «frontera eficiente». Una vez conocida ésta, el inversor, de acuerdo con sus preferencias, elegirá su cartera óptima.

Sin embargo, algunas de las desventajas que tiene el modelo de Markowitz son las siguientes:

- Complejidad matemática del modelo: inicialmente se planteó que el algoritmo de resolución era complejo y que el elevado número de estimaciones de rentabilidades esperadas, varianzas y covarianzas a calcular era muy elevado, aunque vale destacar que hoy en día con el hardware y software adecuado se simplifica mucho la resolución del mismo.
- Hipótesis del modelo: el modelo de Markowitz no tiene en cuenta los costes de transacción ni los impuestos y además considera la perfecta divisibilidad de los títulos seleccionados. Estas desventajas pueden solucionarse introduciendo nuevas restricciones al modelo.
- Evaluación del riesgo: el modelo no dispone de ninguna herramienta para que el inversor valore su actitud ante el riesgo y deduzca su función de utilidad lo cual es necesario para determinar su cartera óptima.
- Datos utilizados: Michaud (1989) considera que el uso de series de rentabilidades históricas, en la estimación de los parámetros esperados, produce sesgos importantes. Por ello los portafolios eficientes resultantes en el modelo se componen con activos de alta rentabilidad, reducida varianza y baja correlación con otros activos, de lo que resultan portafolios altamente concentrados en unos pocos

**INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL
LICENCIATURA EN ADMINISTRACION**

títulos (baja diversificación y alto riesgo). Sin embargo, esta dificultad se puede solucionar introduciendo restricciones adicionales que limiten el porcentaje máximo de los recursos que van a ser invertidos en cada título.

El modelo de Markowitz se considera el punto de partida de la teoría moderna sobre selección de carteras, su planteamiento y posteriores aportaciones y evoluciones resultan sin duda de los grandes avances de la teoría económica en el Siglo XX, sin embargo, su utilización práctica por los gestores y analistas de inversión ha sido relativamente escasa en comparación con su relevancia teórica.

Markowitz demuestra en sus estudios que la clave para diversificar una cartera no está simplemente en el número de acciones que la componen, sino en la correlación de las rentabilidades de las mismas. Si la correlación es elevada no se podrá diversificar. Por el contrario, si la correlación es baja se podrá diversificar y el riesgo será mucho menor.

Tomando como base el modelo de Markowitz, William Sharpe, pupilo del anterior, establece que el riesgo de un activo se compone de dos elementos claves para su análisis: el riesgo específico o diversificable y el riesgo sistemático. El riesgo específico de un activo es una parte del total de riesgo de dicho activo que viene dado por las características específicas del activo sin verse influenciado por las variaciones del mercado. Dicho riesgo, como su propio nombre indica, es diversificable incorporando más activos en la cartera que se esté gestionando. Por otro lado, el riesgo sistemático de un activo, es la otra parte del riesgo total de dicho activo que se ve influenciado/afectado por las fluctuaciones del mercado, es decir, por las variables macroeconómicas.

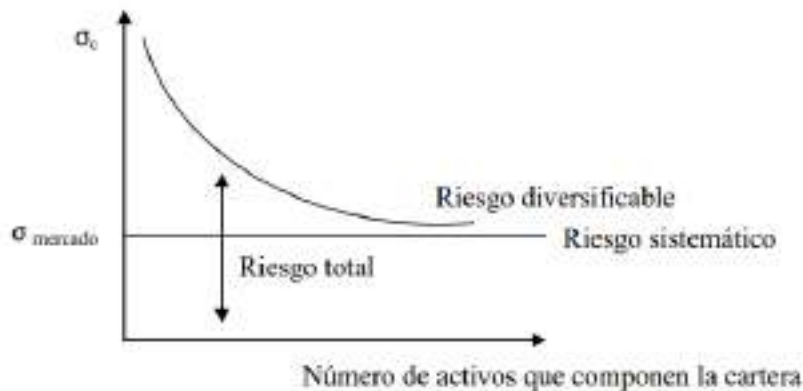


Gráfico 3: Diferencia entre riesgo específico y riesgo sistemático

Dicho esto, según Sharpe, siguiendo los estudios de su antecesor, el rendimiento esperado de cualquier título financiero ha de estar condicionado a un factor del mercado, es decir, a algún índice de la actividad económica.

La relación de un activo con el factor a estudiar es una relación lineal y, si se tomase como factor un índice que mide la rentabilidad del mercado (R_M), entonces el modelo de mercado propuesto por William Sharpe quedaría:

$$R_i = \alpha_i + \beta_i * R_M + \epsilon_i$$

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Donde R_i y R_M son los rendimientos esperados y conocidos (puesto que se calculan a posteriori) del título y del mercado respectivamente; alfa (α_i) indica cuál el rendimiento medio del título cuando el rendimiento de mercado es igual a cero, es decir, constante; beta (β_i) es un indicador de la volatilidad del título como consecuencia de las variaciones del mercado; y, épsilon (ϵ_i) es la perturbación aleatoria, variable necesaria para equilibrar cualquier modelo econométrico ya que es imposible tener en cuenta siempre todas las variables que afecten al objeto de estudio, en este caso, la rentabilidad esperada de cualquier activo financiero.

Así se llega al modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model) en base a los estudios de William Sharpe (1964) y simultáneamente los análisis y trabajos realizados por Treynor (1961), Lintner (1965), y Mossin (1966).

La teoría de carteras de Markowitz supone que el inversor elige su cartera según la frontera de inversiones eficientes debido a sus expectativas sobre la rentabilidad esperada y el riesgo del activo. Sin embargo, el CAPM estudia cómo los inversores determinan los beneficios esperados - y así los precios de los activos - como una función del riesgo. El CAPM analiza si en el mercado se alcanzan precios de equilibrio.

Incorporando la premisa de la eficiencia de los mercados como se ha señalado anteriormente, se dice que un mercado es eficiente cuando todos los competidores que juegan en la economía, guiados por la premisa de maximizar su riqueza obteniendo la máxima rentabilidad posible para un nivel de riesgo dado, conduce a una situación de equilibrio en la que el precio de mercado de un activo financiero constituye una buena estimación de su precio teórico dado por el valor actual de todos los flujos de caja futuros.

En equilibrio, por tanto, la rentabilidad esperada de un activo viene determinado por:

$$E(R_i) = R_f + \beta_i * (R_M - R_f)$$

Donde R_i es la tasa del activo libre de riesgo, tasa a la que el mercado está dispuesto a remunerarte dependiendo de las condiciones del mismo; $(R_M - R_f)$ es la prima de riesgo del mercado, es decir, la rentabilidad adicional que se proporciona al inversor como consecuencia de asumir un cierto riesgo; y, por último, β_i determina, como se ha señalado anteriormente, la volatilidad del título con respecto a las variaciones del mercado.

$$\beta_i = \frac{Cov_{i,M}}{\sigma_M^2}$$

Que la beta sea igual a cero quiere decir que la covarianza del activo con respecto al mercado es cero. Esto ocurriría con el activo libre de riesgo, por ejemplo. Si, la beta se encuentra entre cero y uno, es decir, $0 < \beta < 1$, se trataría de un activo defensivo ya que es menos arriesgado que el mercado. Cuando el mercado sube, el activo lo hace con menor intensidad, y viceversa. Para la cartera de mercado la beta es igual a la unidad ($\beta = 1$). Se pueden encontrar también títulos agresivos, es decir, una beta superior a uno ($\beta > 1$) que quiere decir que el título se comporta de una manera más agresiva que el mercado, es decir, cuando el mercado sube el activo lo hace en mayor proporción y

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

viceversa. Por último, una beta menor que cero ($\beta < 0$), es decir, que su covarianza es negativa, se refiere a los títulos cuya correlación con el mercado es inversa. Se trata de activos refugio como por ejemplo el Oro.

Por lo general, las betas de los activos son calculadas con información previa de los rendimientos de los activos de 6 a 18 meses como mínimo, aunque puede llegar en algunos casos a décadas de datos. Mientras más robusta sea la base de datos que se utilice, mejor será la estimación y los resultados del modelo. Por otro lado, la beta de una cartera es calculada en relación a la ponderación de los activos participantes en el portfolio y sus respectivas betas.

Representando la ecuación del CAPM en un gráfico se obtendría la Línea de Mercado de Títulos (LMT) o Securities Market Line (SML) en su traducción al inglés. La LMT nos indica todos los títulos o carteras bien valoradas en función de su nivel de riesgo beta, es decir, que su precio se encuentre en equilibrio ya sean estos eficientes o no ya que la eficiencia viene dada por el riesgo total del activo o cartera a estudiar.

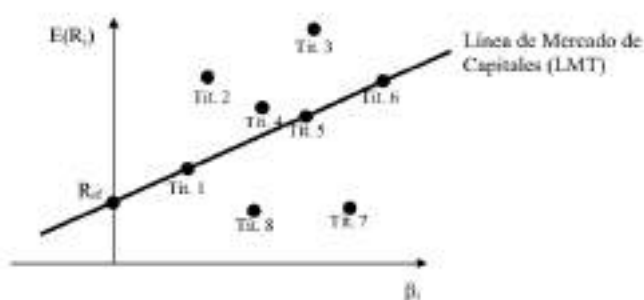


Gráfico 4: Línea de Mercado de Capitales (LMT)

La LMT es una recta de regresión que mide la dispersión de los títulos (diferentes rentabilidades en diferentes niveles de riesgo) y los normaliza en relación a un valor que se utilizará como referencia para identificar qué valores tienen un mayor retorno que la media (Beta). El inversor buscará rendimientos superiores a los de la LMT.

Analizando el gráfico se puede observar que los títulos 1, 5 y 6 se encuentran en equilibrio, es decir, están bien valorados por el mercado. Los títulos 2, 3, y 4 se sitúan por encima de la LMT y por tanto están infravalorados por el mercado (son títulos en los que es conveniente invertir ya que están baratos, combinándolos de manera adecuada para conseguir una cartera eficiente). Y por último, los títulos 8 y 7, son títulos sobrevalorados por el mercado y por tanto habría que dejar pasar algo más de tiempo a ver si el precio se corrige para poder invertir en ellos.

Entre las críticas que han surgido con respecto al CAPM, a pesar de ser un modelo ampliamente utilizado en el mercado hace décadas, se pueden destacar:

- No está claro que la beta explique de manera correcta, tanto a corto plazo como a largo plazo, las variaciones de las rentabilidades de los activos de forma precisa. Esto es estudiado por los profesores Fama y French.
- Se asume que los inversores consideran únicamente la varianza y desviación estándar de los activos para tomar sus decisiones de inversión, cuando no es tan escueto el proceso de decisión real.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

- No se incorpora una medida de correlación entre activos, aunque si con respecto al mercado de referencia.
- La asunción de horizonte de inversión idéntico para todos los inversores es poco sustentable.
- Los bancos no otorgan préstamos al mismo costo que los t-bill, por ejemplo, porque incurren en el riesgo de prestar dinero a individuos fuera del gobierno estatal, por lo que el supuesto de una tasa libre de riesgo es cuestionable.
- No incorpora los costos de comisiones e impuestos en el modelo.
- Asume que absolutamente todos los inversores llegan a idénticos resultados matemáticos necesarios para completar los modelos.
- Se considera que todos los inversores cuentan con portafolios eficientes y óptimos.

Realizando un análisis holístico del modelo, teniendo en cuenta tanto su utilidad teórica como práctica a lo largo de la historia económica y financiera, se puede concluir que es un modelo que vale la pena testear como posible herramienta de soporte para la formación de carteras de inversión constituidas por criptomonedas.

4.2 Optimización Dinámica y Simulación Montecarlo

Como complemento a los modelos e indicadores financieros, se utilizan técnicas y métodos cuantitativos para obtener mayor información y reducir la incertidumbre (y por ende el riesgo) en la toma de decisiones. Uno de estos métodos es el de la simulación. Simular es intentar duplicar las condiciones, el aspecto y las características de un sistema real. La idea detrás de la simulación es imitar una situación del mundo real en forma matemática para, después, estudiar sus propiedades y características de funcionamiento y, finalmente, obtener conclusiones y tomar decisiones acerca de las acciones a tomar con base en los resultados de la simulación.

La simulación permite formular preguntas del tipo ¿qué pasaría si...? sin interferir o intervenir en el mundo real, lo cual es muy beneficioso en el caso de las inversiones financieras porque permite evaluar la situación momentos previos a poner en riesgo real el capital, realizando una “compresión del tiempo”. Si bien la simulación permite incluir complicaciones del mundo real, siempre se debe tener en presente que simplemente es eso, una simulación, y que muchos factores de la realidad no pueden ser controlados ni incorporados en los modelos.

Otra ventaja de la simulación es que se pueden utilizar cualquier distribución de probabilidad que los usuarios o investigadores decidan para las variables bajo estudio, ya que no requiere una distribución específica.

Algunas de las desventajas de la simulación que vale la pena destacar son:

- A menudo desarrollar un modelo complejo de simulación requiere un proceso largo y complejo de planteamiento.
- La simulación no genera soluciones óptimas a los problemas, si no que es un enfoque de prueba y error que puede producir soluciones diferentes de una corrida a otra.
- Cada modelo de simulación es único. Sus soluciones e inferencias no suelen ser transferibles a otros problemas.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Uno de los métodos de simulación más utilizados es la Simulación Montecarlo, utilizado cuando un sistema contiene elementos que muestran distintas posibilidades en su comportamiento.

La idea básica de su funcionamiento es generar valores de las variables que componen el modelo bajo estudio. Las variables que son probabilísticas y susceptibles a ser simuladas pueden ser discretas, y deben obtener valores enteros, o continuas.

La base este método es la experimentación con los elementos estocásticos a través de un muestreo aleatorio. Para esto se sigue una serie de pasos:

1. Establecer distribuciones de probabilidad para las variables de entrada importantes. Una forma común de establecer una distribución de probabilidad para una variable dada es examinar los resultados históricos. La probabilidad o frecuencia relativa de cada resultado posible de una variable se obtiene dividiendo la frecuencia de observación entre el número total de observaciones. Estos datos se pueden convertir en una distribución de probabilidad. Las distribuciones pueden ser empíricas o estar basadas en los patrones comúnmente conocidos (normales, binomiales, Poisson, exponenciales, Laplace, t-Student, etc.).
2. Construir una distribución de probabilidad acumulada para cada variable del paso 1: Una probabilidad acumulada es la probabilidad de que una variable sea menor o igual que un valor específico.
3. Establecer un intervalo de números aleatorios para cada variable: se deben asignar un conjunto de números para representar a cada valor o resultado posible. Luego, se crean los intervalos de números aleatorios para cada nivel teniendo en cuenta los extremos superiores e inferiores de cada intervalo de la distribución de probabilidad acumulada (porcentaje de probabilidad acumulado) que se calculó previamente.
4. Generar números aleatorios: Este proceso puede ser manual o computarizado, dependiendo el tamaño del problema bajo estudio.
5. Simular una serie de ensayos: A partir de los números aleatorios generados se generan los valores de las variables del problema y se obtiene el resultado final de la simulación.

A partir de la simulación, se puede realizar un proceso de Optimización Dinámica que busca encontrar la combinación de entradas (en el caso de cartera de inversión serán los pesos relativos de las inversiones realizadas) que permitan el mejor resultado posible (mayor rendimiento con el menor riesgo asociado) satisfaciendo ciertas condiciones preespecificadas (restricciones) y teniendo en cuenta la evolución del sistema en el tiempo. Se le llama Dinámica porque es un proceso que comienza con la Simulación Montecarlo para obtener un resultado similar a lo esperado en la realidad (a través de un proceso iterativo, dinámico), y, una vez obtenido ese producto, se lo incorpora en un modelo de Optimización para alcanzar la mejor combinación de decisiones posible en las circunstancias resultantes.

En concreto, la optimización dinámica, es una variante de la programación lineal y busca generar una solución para varios escenarios que se pueden establecer bajo una condición probabilística. Una optimización estocástica debe considerar:

- Una serie de variables o decisiones que hay que tomar.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

- Una serie de restricciones que limitan esas decisiones.
- Una función objetivo o un criterio a optimizar.

La programación lineal es un modelo matemático que establece que dado un conjunto de inecuaciones lineales en dos variables, llamadas restricciones, $E_1(x,y) \geq 0$, $E_2(x,y) \geq 0$, ..., $E_n(x,y) \geq 0$, donde las inecuaciones pueden tener cualquier signo de comparación $<$, \leq , $>$, \geq , y dada una función lineal en dos variables $F(x,y)$, llamada función objetivo, se denomina un problema de programación lineal a aquel que consiste en optimizar la función F entre el conjunto de puntos (x,y) que cumplen todas las inecuaciones. A dicho conjunto se le denomina región factible.

Eso de optimizar la función en un conjunto no es, ni más ni menos, sino hallar aquel punto (x,y) que satisface todas las inecuaciones y hace que la función F sea lo mayor posible o lo menor posible, según lo requiera el problema.

4.3 Metodología Box-Jenkins

Por último, la utilización de modelos econométricos para el estudio de relaciones económicas brinda valiosa información de respaldo y confirmación de aquello obtenido en otros modelos, métodos y herramientas para la toma de decisiones. Es por esto que se trabajará con un modelo ARIMA que intente predecir el rendimiento de la cartera de inversión. ARIMA es un modelo de pronóstico que surge del aporte de G.P.E. Box y G.M. Jenkins y cuyo interés se encuentra en el análisis de las propiedades probabilísticas de las series de tiempo económicas por sí mismas según la filosofía de que los datos hablen por sí mismos. En los modelos de series de tiempo de la metodología Box-Jenkins, como ARIMA, la variable dependiente se explica por valores pasados o rezagados de sí misma y por los términos de error estocásticos. El modelo ARIMA(p,d,q) es un modelo de series de tiempo autorregresivas (AR) integradas (I) de promedios móviles (MA), y, como todo modelo, consta de una serie de pasos a llevar a cabo para poder lograr el objetivo final:

1. Identificación del modelo: Es decir, encontrar los valores apropiados de p , d y q . Para esto, se utilizan el correlograma y correlograma parcial.
2. Estimación de parámetros del método elegido: Este paso suele hacerse con herramientas computacionales y paquetes estadísticos para simplificar el desarrollo matemático de la estimación.
3. Examen de diagnóstico: Después de seleccionar el modelo ARIMA y de estimar sus parámetros, se busca probar que el modelo se ajuste a los datos de forma razonablemente buena, ya que puede existir otro modelo ARIMA que también lo haga o incluso sea mejor. Una prueba muy utilizada es el análisis de los residuos estimados y si representan o no un efecto de "ruido blanco". Se dan dos casos en este punto. Si los residuos no son de ruido blanco, se debe regresar al Paso 1 y repetir el proceso hasta encontrar un modelo que se ajuste correctamente a los datos (proceso iterativo). En caso de que los residuos sean de ruido blanco, se procede al pronóstico de los valores de las variables del modelo.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

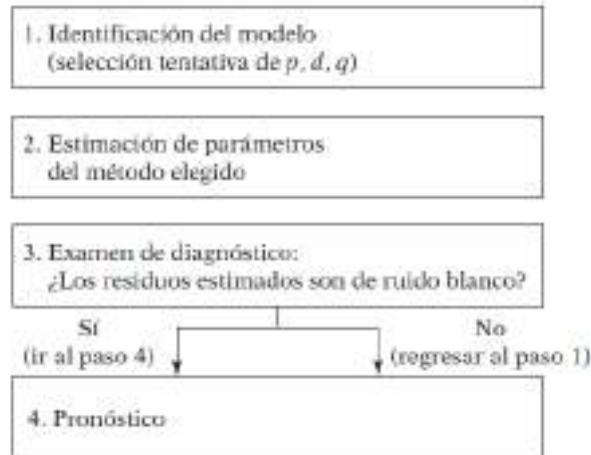


Gráfico 5: Pasos en el proceso de modelado ARIMA.

Entrando en mayor detalle, los modelos ARIMA (p, d, q) están formados por componentes Autorregresivos (AR, p), Integrados (I, d) y de Medias Móviles (MA, q).

Proceso Autorregresivo (AR): Se dice que una serie de tiempo sigue un proceso autorregresivo de orden p , AR (p) cuando el valor de Y en el tiempo t depende de su valor en el periodo anterior y de un término aleatorio. Los valores de Y están expresados como desviaciones de su valor medio. En otras palabras, este modelo dice que el valor de pronóstico de Y en el periodo t es simplemente alguna proporción de su valor en el período $(t-1)$ más un “choque” o perturbación en el tiempo t . En forma general, se expresa como:

$$(Y_t - \delta) = \alpha_1(Y_{t-1} - \delta) + \alpha_2(Y_{t-2} - \delta) + \dots + \alpha_p(Y_{t-p} - \delta) + u_t$$

Donde:

- δ es la media de Y .
- u_i es un término de error aleatorio no correlacionado con media cero y varianza constante (es decir, ruido blanco).
- $\alpha_1, \dots, \alpha_p$ son constantes.
- Y_t es el valor de la serie en el tiempo t .

Integrado (I): Este término hace referencia a la/s diferenciación/es a las que se somete la serie de tiempo para poder transformarla en una serie estacionaria sobre la que pueda aplicarse el modelo econométrico.

Proceso de Medias Móviles (MA): Se dice que una serie de tiempo sigue un proceso de medias móviles de orden q , MA (q), cuando Y en el periodo t es igual a una constante más un promedio móvil de los términos de error presente y pasado. Un proceso de promedios móviles es una combinación lineal de términos de error de ruido blanco. De forma general esto se expresa como:

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

$$Y_t = \mu + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1} + \beta_2 u_{t-2} + \dots + \beta_q u_{t-q}$$

Donde:

- μ es una constante.
- U_t es el término de error estocástico de ruido blanco en el tiempo t .
- Y_t es el valor de la serie en el tiempo t .
- β_0, \dots, β_q son parámetros del modelo.

Si debemos diferenciar una serie de tiempo d veces para hacerla estacionaria y luego aplicarle el modelo ARMA (p,q) , decimos que la serie de tiempo original es ARIMA (p,d,q) , es decir, una serie de tiempo autorregresiva integrada de promedios móviles, donde p denota el número de términos autorregresivos, d el número de veces que la serie debe diferenciarse para hacerse estacionaria y q el número de términos de promedios móviles.

El objetivo de la Metodología Box-Jenkins es identificar y estimar un modelo estadístico que se interprete como generador de los datos muestrales. Entonces, si se va a pronosticar con este modelo estimado, debe suponerse que sus características son constantes a través del tiempo y, en particular, en periodos futuros. Así, la sencilla razón para requerir datos estacionarios es que todo modelo que se infiera a partir de estos datos pueda interpretarse como estacionario o estable en sí mismo, y proporcione, por consiguiente, una base válida para pronosticar.

Las herramientas principales en la identificación son la función de autocorrelación (ACF), la función de autocorrelación parcial (PACF) y los correlogramas resultantes, que son simplemente los gráficos de ACF y de PACF respecto de la longitud del rezago.

La autocorrelación parcial ρ_{kk} mide la correlación entre observaciones (series de tiempo) separadas k periodos y mantiene constantes las correlaciones en los rezagos intermedios (es decir, rezagos menores de k). En otras palabras, la autocorrelación parcial es la correlación entre Y_t y Y_{t-k} después de eliminar el efecto de las Y intermedias.

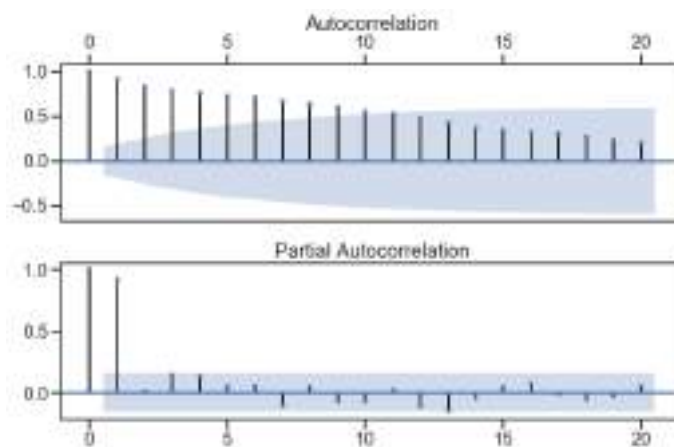


Gráfico 6: Ejemplo de gráficas PACF y ACF

Por último, dos variantes más de modelos de pronóstico surgidos de la Metodología BJ son los modelos ARCH o de Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva y GARCH o Condicional Autorregresivo Generalizado con Heteroscedasticidad. Estos modelos se utilizan cuando se presenta acumulación de la volatilidad, es decir, existen

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

lapsos de tiempo en los que la varianza no es constante y se modifica a través del tiempo. Buscan comprender si existe un proceso de autocorrelación con respecto a los errores pasados de la serie y, además, influencia de la varianza condicional de los valores pasados de la serie. Estos modelos se expresan de la siguiente manera:

ARCH:

$$y_t = \varepsilon_t \sqrt{\alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2 + \dots + \alpha_m y_{t-n}^2} = \varepsilon_t \sigma_t$$

Donde:

- y_t, \dots, y_n : valores de la serie de tiempo en los momentos $t, \dots, t-n$.
- ε_t : ruido blanco de la serie.
- $\alpha_0, \dots, \alpha_m$: valores constantes del modelo.
- σ_t : desviación estándar o volatilidad de la serie de tiempo en el tiempo t .

Si se analiza a profundidad, se puede notar que la desviación estándar de la serie de tiempo en el tiempo t se ve influenciada por los valores de la serie de tiempo en los tiempos $t-1, \dots, t-n$. De esta manera, el valor de la serie de tiempo en el tiempo t se encuentra afectada tanto por el error aleatorio en el tiempo t y por la volatilidad en el tiempo t , la cual está afectada por los valores de la serie de tiempo en los tiempos $t-1, \dots, t-n$, como dijimos anteriormente.

GARCH:

$$y_t = \varepsilon_t \sqrt{\alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2 + \dots + \alpha_m y_{t-n}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_k \sigma_{t-k}^2} = \varepsilon_t \sigma_t$$

Donde:

- y_t, \dots, y_n : valores de la serie de tiempo en los momentos $t, \dots, t-n$.
- ε_t : ruido blanco de la serie.
- $\alpha_0, \dots, \alpha_m$: valores constantes del modelo.
- β_1, \dots, β_k : valores constantes del modelo.
- $\sigma_t, \dots, \sigma_{t-k}$: desviación estándar o volatilidad de la serie de tiempo en los momentos de tiempo $t, \dots, t-k$.

Nuevamente, al analizar los componentes del modelo, podemos notar que el valor de la serie de tiempo en el tiempo t se ve afectada por el error aleatorio en el momento t , por los valores de la serie en los momentos $t-1, \dots, t-n$, y por los valores de la volatilidad de la serie en los momentos $t-1, \dots, t-k$.

El modelo GARCH permite suavizar el efecto llamado "Bursty" o "explosivo" que genera el incremento de la volatilidad de un momento a otro, en el cual el modelo ARCH es menos adecuado para traducirlo de forma suavizada en los valores de la serie de tiempo. De esta forma, GARCH genera valores de la serie menos extremos y más constantes en los momentos de incremento o disminución de la volatilidad. Explicado de otra forma, el modelo GARCH insinúa que, si en los valores pasados de la serie se produjo una alta volatilidad, es de esperar que en los valores futuros también se mantenga esa volatilidad, mientras que en periodos de baja volatilidad también se esperará valores bajos de volatilidad.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Como resultado de la combinación de estos modelos, métodos y herramientas, se espera llegar a cumplir con los objetivos generales y específicos planteados en este trabajo de investigación, ajustándose a los supuestos, restricciones, ventajas y desventajas en el uso y la combinación de cada uno de ellos, así como a las pruebas necesarias correspondientes para la confirmación de resultados.

4.4 Blockchain y Criptomonedas

La blockchain o cadena de bloques es una base de datos distribuida. Esta consiste en una especie de registro de transacciones donde la información no se almacena en un único ordenador, sino en múltiples terminales conectados entre sí a través de Internet.

En otras palabras, se trata de una especie de libro de contabilidad al que pueden acceder todas las personas que lo utilizan, que son quienes registran y validan los datos. Este proceso de validación se basa en el consenso: dado que la totalidad de los integrantes de la red posee la misma información, todos consideran que es verídica.

El sistema empleado hace posible que los datos se registren en bloques de información y se entrelacen, con el fin de facilitar su recuperación y verificación. Para ello, cada uno de los bloques pertenecientes a la blockchain contiene información exacta sobre todas las transacciones realizadas, direcciones criptográficas del bloque anterior y un número aleatorio único.

Otra característica es que la información no puede borrarse, y únicamente puede actualizarse a partir del consenso de la mayoría de las personas que participan en el sistema, o bien ampliarse con la incorporación de nuevos registros. Por lo tanto, la blockchain posibilita las transferencias sin necesidad de un intermediario que compruebe y valide la información.

Inicialmente, la tecnología blockchain fue creada para utilizarse como sustento de las primeras criptomonedas. Sin embargo, la comunidad tecnológica está encontrando otros usos para la blockchain, entre los que se destacan la ejecución de contratos inteligentes, los cuales abren el mundo de los criptoactivos al uso comunitario y universal. Algunos ámbitos en los que actualmente se usa esta tecnología son: Industria alimentaria, logística, turismo, seguros, copyright, registros documentales, redes sociales, y más.

Por su parte, dentro de la tecnología blockchain, llaman la atención las polémicas criptomonedas. Polarizando la opinión sobre la conveniencia en su adopción y uso, las criptomonedas son la cara visible de la tecnología blockchain al ser uno de los primeros activos creados bajo la misma. Las criptomonedas o criptodivisas son considerados medios digitales de intercambio que utilizan criptografía para asegurar las transacciones, controlar la creación de unidades adicionales y verificar la transferencia de activos usando tecnologías de registro distribuido. Existe controversia respecto a que las criptomonedas tienen que ser de control descentralizado o monedas centralizadas por los bancos centrales u otra entidad, dejando a estas entidades y/o bancos centrales sin función ninguna.

El uso de las criptomonedas tiene tanto ventajas como desventajas. Algunos puntos positivos son la reducción de costes de transacciones (ya que no hay intermediarios), la reducción en los tiempos de validación y transferencia de valor, la transparencia en el sistema de transacciones y la versatilidad y simplificación en el proceso de intercambio de criptomonedas. Sin embargo, en la otra cara de la moneda, se pueden encontrar también

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

aspectos negativos en la utilización de las criptomonedas. Entre estos, los mas relevantes son: el desvanecimiento de la privacidad en las tenencias de criptomonedas (producto de las redes públicas), la falta de garantías y medios de prevención de pérdidas por fraudes o fallas humanas en el proceso de transferencia de criptomonedas, alta volatilidad en el valor de las mismas, entre otras.

4.5 Índice Bursátil Standard & Poor's 500

Otro componente del presente proyecto a tener en cuenta es el Índice de Mercado S&P500, creado y mantenido por la empresa Dow Jones Indexes, LLC. Este Índice es considerado el mas representativo de la situación real del mercado de acciones de Estados Unidos y marcador de tendencias de la economía norteamericana por la diversidad de rubros que lo conforman y por la metodología de su ponderación.

El S&P 500 se basa en la capitalización bursátil de 500 grandes empresas que poseen acciones que cotizan en las bolsas NYSE o NASDAQ. En este índice se encuentran contenido aproximadamente el 80% de la capitalización de mercado de EEUU, por lo que es un prospecto muy valioso a la hora de utilizar para comparaciones y como referencia con respecto a mercado accionarios o similares extranjeros.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

5. Aplicación y Resultados

5.1 Modelo CAPM

Para trabajar con el modelo CAPM se necesitan los valores de 3 elementos:

- r_f : tasa libre de riesgo.
- r_m : tasa promedio de mercado.
- β_i : beta del activo.

Por tasa libre de riesgo se entiende a aquella alternativa de inversión en la cual el inversor no asume ningún riesgo. En la práctica esto es irreal. Sin embargo, a fines académicos y de análisis financiero se suelen utilizar los rendimientos ofrecidos por el tesoro americano, ya que son una fuente de garantía extremadamente confiable en el mercado internacional en cuanto al pago de intereses. En este proyecto se utilizan como tasa libre de riesgo (r_f) el rendimiento promedio ofrecido por las Letras del Tesoro a 365 días o 52 semanas (52 Weeks Treasury Bill), tomando los datos desde el primer día en el que comienza a cotizar la criptomoneda emblema del mercado, Bitcoin (BTC), el día 29/04/2013.

La tasa promedio obtenida para la tasa libre de riesgo es de 0.87% anual.

Con respecto a la tasa promedio de mercado, en este modelo se la considera como el retorno promedio que se puede obtener invirtiendo en el mercado de referencia o con el que se compara el activo en evaluación. La diferencia entre la tasa promedio de mercado y la tasa libre de riesgo determina la prima de riesgo que el inversor demanda para mantener el portafolio de mercado, es decir, el rendimiento que exige mínimamente para invertir en el mercado y no en activos libres de riesgo. En este proyecto, se utiliza como tasa promedio de mercado (r_m) el rendimiento promedio del índice bursátil S&P 500, tomando sus rendimientos diarios continuos desde el día en el que Bitcoin comienza a cotizar.

El rendimiento promedio obtenido de esta manera es de 19.12% anual.

Por último, para el cálculo de la beta de los activos se utilizaron los rendimientos semanales continuos de cada uno de ellos, comparándolos con el rendimiento semanal continuo del S&P 500. En un principio se intentó trabajar con rendimientos diarios, lo cual fue descartado por el hecho de que el mercado de criptomonedas permanece operativo las 24 horas del día, los 7 días de la semana, aún en días feriados y festivos. Esto provoca la inexistencia de pares de datos comparables para cada día en el que el mercado bursátil tradicional se encuentra cerrado. Este problema fue solucionado tomando los datos de precios del día viernes de cada semana o el día más próximo en caso de no contar con él, y calculando el rendimiento semanal continuo de los activos y del S&P 500 para contar con datos comparables.

Como producto de la aplicación del modelo CAPM se deriva el siguiente recuadro de información en el que se detallan las betas y los rendimientos esperados resultantes de cada criptomoneda:

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Activos	Promedio de Retornos Diarios	Promedio de Retornos Semanales	Varianza de los Retornos Semanales	Desviación Estándar de los Retornos Semanales	Beta	E(ri) - CAPM
BTC	0,19%	1,42%	0,01	0,11	0,670749434	13,11%
ETH	0,32%	2,22%	0,03	0,17	1,107074484	21,07%
BNB	0,59%	4,24%	0,10	0,32	1,393005766	26,29%
VET	0,19%	1,30%	0,04	0,19	1,782810437	33,40%
XRP	0,17%	1,30%	0,04	0,20	1,105789996	21,05%
ADA	0,30%	2,06%	0,05	0,22	1,495482029	28,16%
BCH	-0,02%	0,47%	0,04	0,20	0,563495478	11,15%
LTC	0,12%	0,97%	0,03	0,17	0,716172405	13,94%
LINK	0,35%	2,57%	0,04	0,19	1,464706929	27,59%
XLM	0,19%	1,33%	0,04	0,20	1,527396383	28,74%
THETA	0,30%	1,93%	0,03	0,19	1,508701074	28,40%
TRX	0,26%	1,91%	0,06	0,25	1,246751573	23,62%
ETC	0,24%	1,40%	0,04	0,19	1,138941003	21,65%
MATIC	0,71%	5,26%	0,09	0,29	1,067324206	20,34%
DOT	0,69%	4,90%	0,04	0,19	2,238419733	41,71%
UNI	0,72%	5,06%	0,04	0,20	-0,17470011	-2,32%
SOL	0,88%	6,81%	0,04	0,21	1,445503516	27,24%

Tabla 1: Datos de las criptomonedas utilizados en el modelo CAPM

El análisis de esta tabla, sin embargo, debe ser complementada con los gráficos de dispersión resultantes del cruce de datos de los rendimientos del mercado con respecto a las criptomonedas estudiadas para comprender si existe una relación significativa entre ellos.

Bitcoin:

- $y = 0,6707x + 0,0127$
- $R^2 = 0,0183$
- Beta = 0,6707

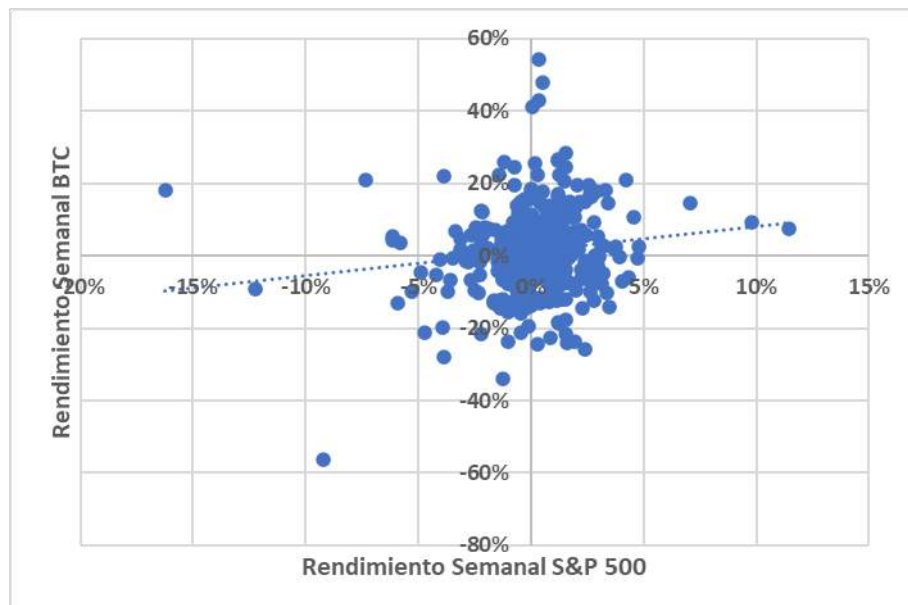


Gráfico 7: Gráfico de dispersión de los rendimientos de BTC comparado con los rendimientos del S&P 500

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Ethereum:

- $y = 1,1071x + 0,0196$
- $R^2 = 0,0262$
- Beta = 1,1071

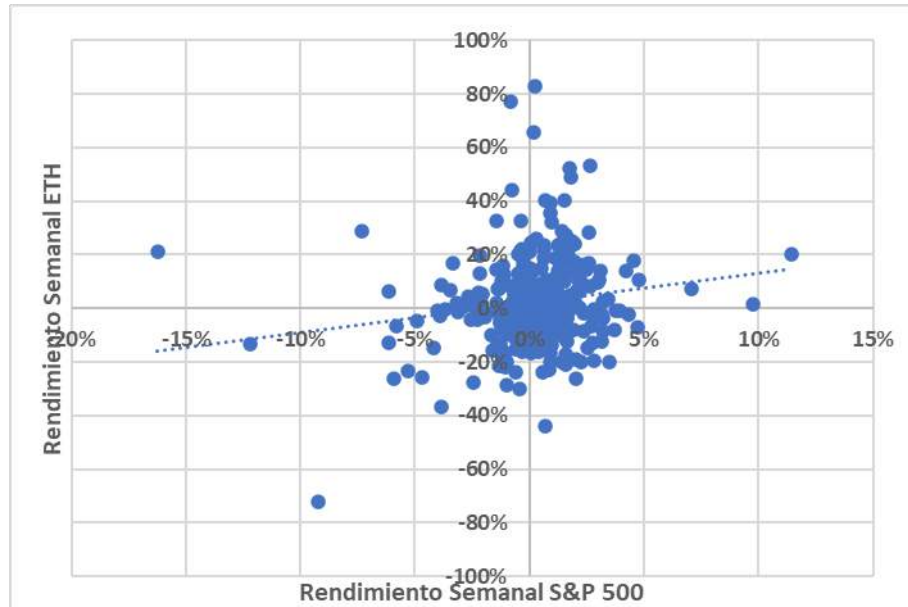


Gráfico 8: Gráfico de dispersión de los rendimientos de ETH comparado con los rendimientos del S&P 500

Cardano:

- $y = 1,1058x + 0,0105$
- $R^2 = 0,0149$
- Beta = 1,1058

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

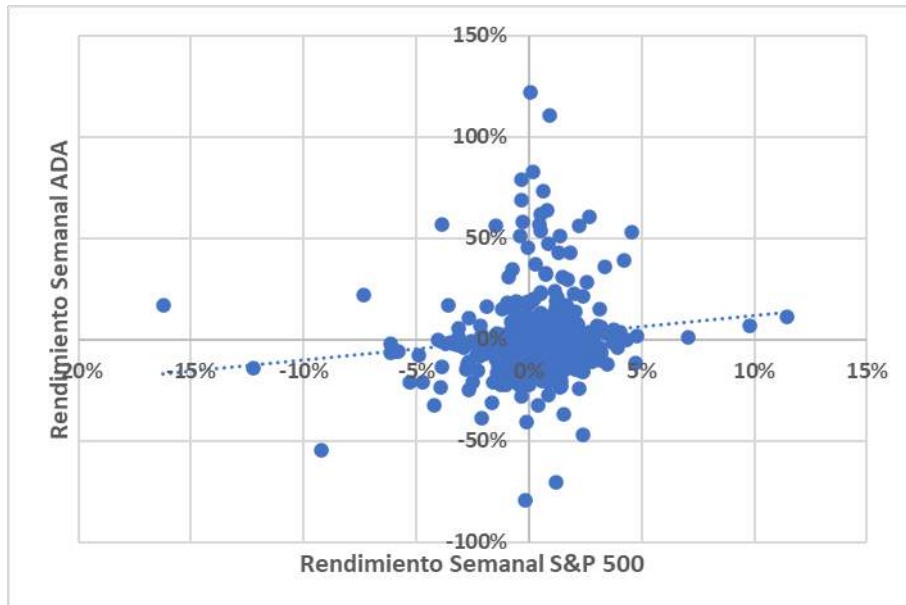


Gráfico 9: Gráfico de dispersión de los rendimientos de ADA comparado con los rendimientos del S&P 500

De los gráficos precedentes, la observación de la dispersión de datos, las líneas de tendencia y los valores del coeficiente de determinación, podemos concluir que el modelo aparenta no ser una buena herramienta para estimar de forma confiable la volatilidad de los activos, representada como la variación en los precios y rendimientos con respecto a la variación en los rendimientos del mercado.

A pesar de ello, con el objetivo de continuar con el estudio planteado y ante la falta de información u otro criterio para la selección de activos para la formación de la cartera, se utilizaron los resultados y valores del modelo CAPM para aplicar el modelo de Optimización Dinámica con Simulación Montecarlo.

5.2 Optimización Dinámica

El punto de la utilización de la Optimización Dinámica en este trabajo consiste en la formación de carteras de inversión que cumplan con ciertos criterios (o restricciones) establecidos para crear una alternativa de inversión atractiva en términos de rendimientos esperados, pero sin dejar de lado la importancia del riesgo a asumir en relación al rendimiento del mercado y de las inversiones libres de riesgo. Para esto, la herramienta nos permite evaluar, en base a distribuciones de probabilidad resultantes de los registros de rendimientos históricos de los activos, escenarios y valores probables producidos por la simulación. Una vez logrado obtener estos rendimientos esperados, se puede comparar con los rendimientos reales producidos en las semanas estimadas y concluir con respecto al potencial de la herramienta como complemento a la hora de tomar decisiones de inversión.

Para alcanzar este objetivo, como primer paso se tomaron los registros de precios y rendimientos diarios continuos de todos los activos participantes del estudio y, por medio del complemento de Microsoft Excel "Risk Simulator", se realizó un ajuste de distribución de probabilidad. Este ajuste sienta las bases para la simulación, ya que permite al software generar aleatoriamente rendimientos de los diferentes activos con una

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

probabilidad de ocurrencia muy próxima a lo que fueron históricamente sus rendimientos. Las distribuciones de probabilidad son variadas dependiendo la forma que toman las distribuciones de probabilidad de cada uno de los activos. Entre ellas se destacan: Laplace, Gumbel Máxima, Logística y Cauchy.

A continuación, se definieron tanto las restricciones a las que se sujetaría el modelo como la función objetivo a optimizar por medio de la simulación.

En cuanto a las restricciones, para mantener una cartera diversificada se estableció un porcentaje de participación máximo para todos los activos de un 10%, excepto para Bitcoin (BTC) y Ethereum (ETH) al ser consideradas las criptomonedas de mayor capitalización de mercado y, por ende, menos expuestas a manipulaciones de precio por grandes inversores, así como también líderes en el rumbo de los precios de los crypto activos. Además, en base a los resultados del modelo CAPM, se estableció una beta máxima permitida para la cartera de inversión de 1.3, valor considerado muy agresivo con respecto a la volatilidad del mercado. Por último, se estableció como rendimiento mínimo anual de la cartera un 20% (o 0.4% semanal aproximadamente), valor estimado como rendimiento esperado del S&P 500, por lo que significa un punto crítico en la decisión de tomar o no el riesgo de invertir en criptomonedas.

Por otro lado, como función objetivo se planteó “Maximizar el valor del Índice de Treynor resultante de la cartera formada”. El Índice de Treynor es una métrica financiera que se utiliza para evaluar la rentabilidad de una cartera en relación con la rentabilidad de un índice de referencia (S&P 500, por medio de la beta de la cartera). Siempre es preferible un valor del índice de Treynor más alto, ya que implica una rentabilidad mayor por cada unidad de riesgo que la cartera asume en comparación con el riesgo del indicador. Este índice se compone de la siguiente manera:

Índice de Treynor:

$$T_P = \frac{R_P - r_f}{\beta_P}$$

Donde:

- T_P : Es el valor del Índice de Treynor.
- R_P : Es el rendimiento esperado del portfollio.
- r_f : Es la tasa libre de riesgo del modelo.
- β_P : Es la beta resultante del portfollio.

Como podemos notar, tanto el rendimiento esperado del portfollio como la beta del mismo se ven afectados por el porcentaje de participación determinado para cada uno de los activos en la cartera. Estas proporciones son las definidas como las variables de decisión del modelo. Es decir, este problema puede plantearse de la siguiente manera:

Sean:

- Variables de decisión:

X1	Porcentaje de la cartera a invertir en Bitcoin (BTC)
X2	Porcentaje de la cartera a invertir en Ether (ETH)
X3	Porcentaje de la cartera a invertir en Binance Coin (BNB)

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

X4	Porcentaje de la cartera a invertir en VeChain (VET)
X5	Porcentaje de la cartera a invertir en XRP (XRP)
X6	Porcentaje de la cartera a invertir en Cardano (ADA)
X7	Porcentaje de la cartera a invertir en Bitcoin Cash (BCH)
X8	Porcentaje de la cartera a invertir en Litecoin (LTC)
X9	Porcentaje de la cartera a invertir en Chainlink (LINK)
X10	Porcentaje de la cartera a invertir en Stellar (XLM)
X11	Porcentaje de la cartera a invertir en Theta Network (THETA)
X12	Porcentaje de la cartera a invertir en TRON (TRX)
X13	Porcentaje de la cartera a invertir en Ethereum Classic (ETC)
X14	Porcentaje de la cartera a invertir en Polygon (MATIC)

- a, \dots, n : rendimiento semanal del activo resultante de la simulación.
- Función Objetivo:

$$T_P = \frac{R_P - r_f}{\beta_P}$$

Minimizar el valor =

Donde:

- $R_P = aX_1 + bX_2 + cX_3 + dX_4 + eX_5 + fX_6 + gX_7 + hX_8 + iX_9 + jX_{10} + kX_{11} + lX_{12} + mX_{13} + nX_{14}$
- $\beta_P = 0.67 X_1 + 1.11 X_2 + 1.39 X_3 + 1.78 X_4 + 1.1 X_5 + 1.5 X_6 + 0.56 X_7 + 0.72 X_8 + 1.47 X_9 + 1.53 X_{10} + 1.51 X_{11} + 1.25 X_{12} + 1.14 X_{13} + 1.07 X_{14}$

Sujeto a:

- $R_1: 0.2 X_1 + 0.2 X_2 + 0.1 X_3 + 0.1 X_4 + 0.1 X_5 + 0.1 X_6 + 0.1 X_7 + 0.1 X_8 + 0.1 X_9 + 0.1 X_{10} + 0.1 X_{11} + 0.1 X_{12} + 0.1 X_{13} + 0.1 X_{14} = 1$
- $R_2: 0.67 X_1 + 1.11 X_2 + 1.39 X_3 + 1.78 X_4 + 1.1 X_5 + 1.5 X_6 + 0.56 X_7 + 0.72 X_8 + 1.47 X_9 + 1.53 X_{10} + 1.51 X_{11} + 1.25 X_{12} + 1.14 X_{13} + 1.07 X_{14} \leq 1.3$
- $R_3: aX_1 + bX_2 + cX_3 + dX_4 + eX_5 + fX_6 + gX_7 + hX_8 + iX_9 + jX_{10} + kX_{11} + lX_{12} + mX_{13} + nX_{14} \geq 0.4\%$ semanal.

Una vez planteado el problema de optimización dinámica, utilizando Risk Simulator se procedió a realizar la simulación. Para lograr un resultado representativo de las

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

distribuciones de probabilidad establecidas para los rendimientos semanales de los activos, se estableció un total de 10.000 simulaciones o iteraciones del modelo de simulación, lo que dio como resultado la cartera de inversión y los valores que se presentan a continuación:

Cartera 1					
Activo	Rentabilidad Semanal Esperada	Beta	Participación del Activo en la Cartera	Participaciones Máximas por Activo	Beta Máxima de la Cartera: 1,3
BTC	1.36%	0.67	20%	20%	0.13
ETH	0.87%	1.11	0%	20%	0.00
BNB	2.91%	1.39	10%	10%	0.14
VET	2.66%	1.78	10%	10%	0.18
XRP	-2.05%	1.11	0%	10%	0.00
ADA	0.92%	1.50	0%	10%	0.00
BCH	-20.91%	0.56	0%	10%	0.00
LTC	-0.14%	0.72	10%	10%	0.07
LINK	2.32%	1.46	10%	10%	0.15
XLM	-0.56%	1.53	0%	10%	0.00
THETA	1.63%	1.51	10%	10%	0.15
TRX	0.30%	1.25	10%	10%	0.12
ETC	1.35%	1.14	10%	10%	0.11
MATIC	5.52%	1.07	10%	10%	0.11
Total			100%		1.17

Tabla 2: Resultados de selección de activos para la formación de la cartera de inversión en base a la Optimización Dinámica

Rendimiento Semanal del Portfolio	1.93%
Beta del Portfolio	1.16597925
Índice de Treynor del Portfolio	0.01638409

Tabla 3: Valores de la cartera resultante

Comparando el rendimiento semanal del portafolio estimado con respecto al rendimiento real alcanzado del -4.86% durante la semana siguiente a los datos utilizados para el estudio, se encuentran indicios de que el método de simulación complementado con el modelo CAPM no sería un buen recurso a la hora de formar una cartera de inversión pronosticando o estimando los rendimientos de forma confiable.

Continuando con el estudio, sin embargo, se procedió a estudiar los datos como una serie de tiempo susceptible de ser trabajada por medio de la metodología Box-Jenkins.

5.3 Metodología Box-Jenkins

En esta nueva y última etapa del trabajo de investigación, se buscó aplicar los popularmente conocidos (así como ampliamente utilizados en el campo de las finanzas)

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

modelos de pronóstico de series de tiempo AR, MA, ARIMA, ARCH y GARCH. Todos ellos derivaciones de la metodología Box-Jenkins.

El proceso de trabajo, previamente detallado en el informe, comenzó a materializarse con el análisis de los datos de los rendimientos de los activos. Se buscó identificar aquellas series de tiempo que fueran y no fueran estacionarias para comenzar con el proceso de diferenciación de series. Sin embargo, al comenzar el trabajo y para obtener los rendimientos diarios y semanales continuos de las diferentes criptomonedas, se procedió a la diferenciación de los precios de cotización. Se realizó un cálculo de diferencia de logaritmos neperianos de las cotizaciones de cada día respecto a la del día anterior. Este simple cálculo se considera una primera diferencia en el camino a obtener una serie estacionaria, por lo que la totalidad de las series de tiempo utilizadas superaron la prueba de Raíz Unitaria de Dickey-Fuller. Cabe aclarar que las series que se analizan son los rendimientos de las carteras de inversión seleccionadas, ya no rendimientos de criptomonedas de forma individual. A fines prácticos, se expondrá el tratamiento únicamente de una de las series de tiempo de forma completa, mientras que el resto de los resultados se incluirán en el Apéndice de este informe.

En este segmento de la investigación se utilizan dos carteras de inversión. La primera es la surgida como producto del modelo de Optimización Dinámica, a través de la cual se busca generar continuidad en los resultados del estudio. La segunda es una cartera formada de forma arbitraria, estableciendo como criterio de selección la antigüedad y el volumen de datos históricos de rendimientos existentes. Esto se explica por el hecho de que se busca robustez en los resultados y, al comparar una cartera formada por activos más “jóvenes” y otra con activos más “antiguos”, se podría analizar la posibilidad de que este factor afecte o no en la confiabilidad del modelo y sus pronósticos.

Por otro lado, para lograr un abanico más grande de posibilidades y sujetos de estudio, se decidió tomar no solo las dos carteras de inversión, si no también estudiar sus rendimientos en dos unidades temporales diferentes: rendimientos diarios y rendimientos semanales. De esta manera, las cuatro series de tiempo sometidas a la metodología son:

1. Rendimientos semanales continuos de la cartera 1 formada por: 20% BTC, 10% BNB, 10% VET, 10% LTC, 10% LINK, 10% THETA, 10% TRX, 10% ETC y 10% MATIC **(109 datos)**.
2. Rendimientos semanales continuos de la cartera 2 formada por: 20% BTC, 20% ETH, 20% XRP, 20% LTC y 20% XLM **(305 datos)**.
3. Rendimientos diarios continuos de la cartera 1 **(776 datos)**.
4. Rendimientos diarios continuos de la cartera 2 **(2135 datos)**.

La serie de tiempo que será presentada de principio a fin será la de los rendimientos diarios continuos de la cartera 1. Esta serie, al igual que el resto, fueron trabajadas en el software de econometría E-Views 10. Todos los resultados expuestos fueron obtenidos por medio de sus herramientas estadísticas, econométricas y gráficas.

El proceso de análisis, como se indicó anteriormente, comienza con la prueba de estacionariedad de la serie, requisito indispensable para su tratamiento dentro de la Metodología Box-Jenkins. Para esto se utiliza la Prueba de Raíz Unitaria de Dickey-Fuller. Como se puede ver en la siguiente imagen, los resultados de la prueba indican con un nivel de significancia del 1% que la serie no tiene raíz unitaria, es decir que no se trata de un proceso que evoluciona a través del tiempo, lo que podría causar problemas en la inferencia estadística del modelo.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Null Hypothesis: RENDIMENTOS1 has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=20)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-27.58483	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.438562	
5% level	-2.865054	
10% level	-2.568696	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(RENDIMENTOS1)
Method: Least Squares
Date: 09/16/21 Time: 10:36
Sample (adjusted): 4/29/2019 6/11/2021
Included observations: 775 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RENDIMENTOS1(-1)	-0.993178	0.036004	-27.58483	0.0000
C	0.003565	0.001598	2.230809	0.0260
R-squared	0.490003	Mean dependent var		-5.20E-05
Adjusted R-squared	0.485411	S.D. dependent var		0.062418
S.E. of regression	0.044338	Akaike info criterion		-3.391375
Sum squared resid	1.519604	Schwarz criterion		-3.379367
Log likelihood	1316.158	Hannan-Quinn criter.		-3.386755
F-statistic	760.9230	Durbin-Watson stat		1.999017
Prob(F-statistic)	0.000000			

Tabla 4: Resultados de la Prueba de Raíz Unitaria de Dickey-Fuller Aumentada

Una vez constatada la estacionariedad de la serie, se procede al análisis de correlogramas, donde se presenta la función de autocorrelación (ACF) y la función de autocorrelación parcial (PACF), las cuales brindan un indicio sobre qué tipo de modelo puede ajustarse a los datos estudiados. La ACF es usada para identificar el proceso de media móvil (MA) en un modelo ARIMA, mientras que la PACF se usa para identificar los valores de la parte del proceso autorregresivo (AR).

Por otro lado, el correlograma presenta también los valores de la prueba de Ljung-Box, la cual busca determinar la independencia en la distribución de los datos (es decir, si existe o no correlación entre los datos y los rezagos). En caso de que la probabilidad resultante del test sea menor al 10%, la hipótesis nula de que los datos se distribuyen de forma independiente se rechaza y se puede considerar que existe correlación en los datos. De esta manera, analizamos el siguiente gráfico y constatamos que sería conveniente realizar pruebas sobre modelos de ordenes $p= 2, 4$ o 5 y, de la misma manera, $q= 2, 4$ o 5 .

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Autocorrelacion	Parcial Correlacion	AC	PAC	G-Stat	Prob	
1)	1)	1	0.007	0.007	0.0361	0.849
2)	2)	2	0.088	0.088	6.0752	0.048
3)	3)	3	-0.030	-0.031	6.7759	0.079
4)	4)	4	0.106	0.100	15.626	0.004
5)	5)	5	-0.073	-0.071	19.797	0.001
6)	6)	6	0.026	0.011	20.308	0.002
7)	7)	7	-0.029	-0.013	20.988	0.004
8)	8)	8	0.013	-0.004	21.117	0.007
9)	9)	9	-0.000	0.019	21.117	0.012
10)	10)	10	0.067	0.067	24.650	0.005
11)	11)	11	-0.013	-0.010	24.793	0.010
12)	12)	12	-0.029	-0.043	25.477	0.013
13)	13)	13	0.023	0.029	25.888	0.018
14)	14)	14	-0.080	-0.080	30.908	0.008
15)	15)	15	0.010	0.019	30.981	0.009
16)	16)	16	0.062	0.083	34.050	0.005
17)	17)	17	0.003	-0.015	34.050	0.008
18)	18)	18	-0.010	0.001	34.135	0.012
19)	19)	19	0.043	0.002	35.814	0.012
20)	20)	20	0.001	-0.015	35.815	0.017
21)	21)	21	-0.013	-0.011	35.752	0.023
22)	22)	22	-0.014	-0.006	35.919	0.031
23)	23)	23	-0.028	-0.037	38.588	0.038
24)	24)	24	0.015	0.006	38.747	0.048
25)	25)	25	0.014	0.017	38.904	0.059
26)	26)	26	0.069	0.061	40.790	0.033
27)	27)	27	0.012	0.023	40.903	0.042
28)	28)	28	0.059	0.039	43.748	0.029
29)	29)	29	0.025	0.017	44.262	0.035
30)	30)	30	0.019	0.013	44.546	0.043
31)	31)	31	0.008	0.014	44.597	0.054
32)	32)	32	-0.013	-0.033	44.720	0.067
33)	33)	33	-0.005	0.011	44.751	0.083
34)	34)	34	0.017	0.016	44.997	0.098
35)	35)	35	0.007	-0.006	45.038	0.119
36)	36)	36	-0.040	-0.043	46.335	0.116

Tabla 5: ACF y PACF de la serie "Rendimientos Diarios Continuos de la Cartera 1"

Como complemento, el software utilizado cuenta con una herramienta de pronóstico automático ARIMA que entrega posibles modelos de ajuste basados en diferentes criterios de selección establecidos, como por ejemplo el criterio de Akaike o el criterio de Schwarz. Sin embargo, muchas veces los modelos resultantes, si bien cumplen con algunas condiciones estadísticas y superan algunas pruebas de significancia y comparación, no siempre son adecuados. Tal es el caso del modelo ARIMA (4,1,3) propuesto por E-Views como mejor ajuste según el Criterio de Información de Akaike al trabajar con esta serie de tiempo, donde se puede notar que los procesos de media móvil de orden 2 y 3 no son estadísticamente significativos, por lo que no se puede concluir que sean relevantes para el modelo. Por este mismo motivo, esta herramienta y este modelo quedan descartados del análisis, y se procede con el modelado "a mano" de las restantes opciones obtenidas a partir de las ACF y PACF.

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

Dependent Variable: RENDIMIENTOS1
 Method: ARMA Maximum Likelihood (BFGS)
 Date: 09/16/21 Time: 10:45
 Sample: 4/28/2019 6/11/2021
 Included observations: 776
 Convergence achieved after 204 iterations
 Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.003577	0.001961	1.824147	0.0685
AR(1)	-1.597679	0.122208	-13.07343	0.0000
AR(2)	-1.498222	0.135982	-11.01783	0.0000
AR(3)	-0.558392	0.138741	-4.024710	0.0001
AR(4)	0.092651	0.031551	2.936527	0.0034
MA(1)	1.636464	0.537411	3.045086	0.0024
MA(2)	1.643747	1.258954	1.305644	0.1921
MA(3)	0.657746	0.682611	0.963574	0.3366
SIGMASQ	0.001855	0.000930	1.995515	0.0463

R-squared	0.053015	Mean dependent var	0.003566
Adjusted R-squared	0.043138	S.D. dependent var	0.044287
S.E. of regression	0.043321	Akaike info criterion	-3.421501
Sum squared resid	1.439440	Schwarz criterion	-3.387523
Log likelihood	1336.542	Hannan-Quinn criter.	-3.400735
F-statistic	5.367374	Durbin-Watson stat	2.002068
Prob(F-statistic)	0.000001		

Tabla 6: Modelo ARIMA (4,1,3) propuesto por Automatic Forecasting ARIMA de E-Views.

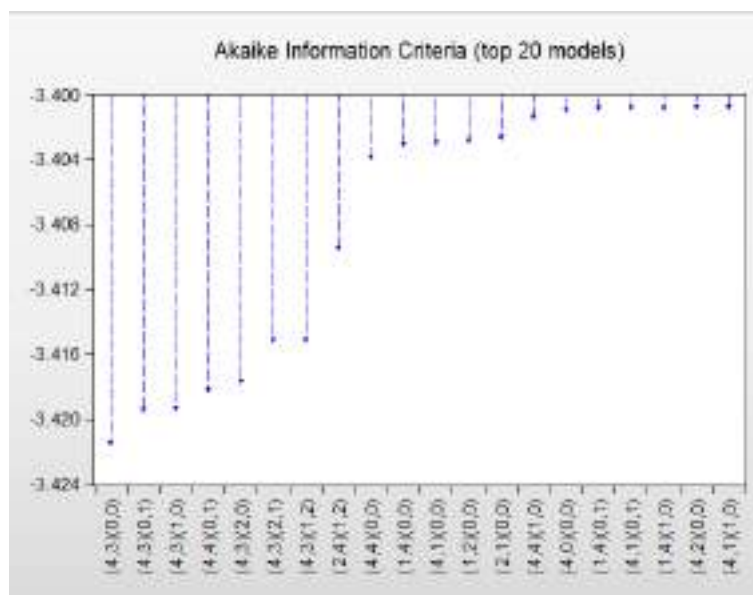


Gráfico 10: Modelos analizados por Automatic Forecasting ARIMA de E-Views en base al Criterio de Akaike.

Tras haber evaluado uno a uno modelos de orden AR(1) hasta AR(5), al igual que modelos MA(1) a MA(5) y todas las posibles combinaciones de modelos ARIMA entre ordenes $p=1$ a 5 y $q=1$ a 5, el modelo que aparenta tener el mejor ajuste, tomando como criterios de selección los valores de R^2 , R^2 ajustado, la Suma de los Errores Cuadráticos del modelo y valores de los criterios de Akaike y Schwarz (mientras menor sea el valor, más adecuado es para pronosticar los valores de la serie), es el modelo ARIMA (4,1,4). Los valores obtenidos se presentan a continuación y si bien, como dijimos antes, la

INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL LICENCIATURA EN ADMINISTRACION

significancia estadística de los diferentes ordenes del modelo encontrados son aceptables, se puede observar que el valor del coeficiente de determinación no es muy elevado, lo que indicaría un bajo poder predictivo del modelo.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.003583	0.001875	1.911326	0.0583
AR(1)	-0.437160	0.107051	-4.083667	0.0000
AR(2)	0.558153	0.071444	7.812476	0.0000
AR(3)	-0.549906	0.053916	-10.19930	0.0000
AR(4)	-0.808807	0.098622	-8.201063	0.0000
MA(1)	0.429087	0.104940	4.088884	0.0000
MA(2)	-0.496396	0.070406	-7.050518	0.0000
MA(3)	0.570145	0.045639	12.49242	0.0000
MA(4)	0.832118	0.090624	9.182112	0.0000
SIGMASQ	0.001896	4.66E-05	-40.66102	0.0000
R-squared	0.032265	Mean dependent var		0.003586
Adjusted R-squared	0.020895	S.D. dependent var		0.044287
S.E. of regression	0.043822	Akaike info criterion		-3.403837
Sum squared resid	1.470980	Schwarz criterion		-3.343861
Log likelihood	1330.689	Hannan-Quinn criter.		-3.380764
F-statistic	2.837678	Durbin-Watson stat		1.949342
Prob(F-statistic)	0.002720			

Tabla 7: Tabla de coeficientes y pruebas estadísticas del modelo ARIMA (4,1,4)

Como siguiente paso en el proceso de identificación del mejor modelo, se procede a realizar pruebas de ajuste del modelo. Para esto, se utilizan los correlogramas de los residuos, de manera similar a lo realizado previamente para la identificación de los órdenes p y q de los modelos. Esto permite identificar si queda algún proceso autorregresivo o de media móvil sin incluir, el cual deberá ser modelado y evaluado nuevamente. Como se puede observar en la siguiente imagen, aparentemente no se ha dejado de lado ningún proceso relevante para el modelo.